



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**DIAGNÓSTICO E PLANEJAMENTO DO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA URBANO DO MUNICÍPIO DE
DOUTOR RICARDO/RS**

Vagner Roque Fraporti

Lajeado, dezembro de 2020

Vagner Roque Fraporti

**DIAGNÓSTICO E PLANEJAMENTO DO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA URBANO DO MUNICÍPIO DE DOUTOR
RICARDO/RS**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Me. Marcelo Luis Kronbauer

Lajeado, dezembro de 2020

Vagner Roque Fraporti

**DIAGNÓSTICO E PLANEJAMENTO DO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA URBANO DO MUNICÍPIO DE DOUTOR
RICARDO/RS**

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil:

Prof. Me. Marcelo Luis Kronbauer – orientador
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Prof. Dr. Gustavo Reisdorfer
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Prof. Dr. Rodrigo Spinelli
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Lajeado, 03 de dezembro de 2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus, que me deu força e me guiou em toda minha caminhada, me mantendo firme em meu propósito mesmo nos momentos de desânimo.

A minha família, meus pais Valcir e Deorilde e meu irmão Vinicius, por tudo que sempre me proporcionou, por todo suporte e por sempre acreditar em mim; em especial a minha vó Cesira, que infelizmente perdi no decorrer da faculdade, pelas suas rezas e palavras de apoio e incentivo.

A minha namorada Daiane, pelo companheirismo, compreensão, ajuda e incentivo para encarar cada etapa, e pelos conhecimentos compartilhados durante a faculdade e, principalmente, no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador Marcelo Luís Kronbauer, pelos conselhos e contribuições que enriqueceram este trabalho, e pela segurança e confiança que me passou.

Ao Sr. Valentim Radaelli, secretário de Obras e Trânsito, e a Prefeitura de Doutor Ricardo, pela disponibilidade de tempo, materiais e informações, sem os quais não seria possível realizar este estudo.

Aos amigos, familiares, colegas e professores que estiveram comigo durante esta jornada, pela amizade, ensinamentos e apoio, que foram de grande valor para que eu chegasse até aqui.

A todos minha gratidão!

RESUMO

Um sistema de abastecimento deve ser capaz de atender de forma adequada à demanda das cidades. O objetivo deste estudo foi elaborar um diagnóstico e análise para o sistema de abastecimento de água da área urbana do município de Doutor Ricardo/RS visando analisar a situação atual e futura de funcionamento da rede, bem como a projeção da mesma com a indicação de soluções hidráulicas possíveis de serem aplicadas e simuladas através do *software* EPANET 2.0. Foi obtido um mapa em AutoCAD junto a Prefeitura Municipal, no qual desenhou-se os trechos e obteve-se o número de lotes consumidores ocupados. Para estimativa populacional, foi utilizado uma projeção com base nos lotes atualmente ocupados. Para o dimensionamento do sistema para o futuro foram considerados também os lotes que ainda não foram ocupados. A simulação hidráulica dos trechos foi realizada pelo EPANET 2.0. O sistema possui 5 poços artesianos e 4 reservatórios. O diagnóstico dos poços e reservatórios apontaram várias desconformidades em relação às normas regulamentadoras NBR 12212 (ABNT, 2017) e 12217 (ABNT, 1994). Apenas o poço Domingos Biolchi apresentou vazão abaixo do ideal, enquanto o volume de reservação do Reservatório 1 está muito elevado e o do Reservatório 4 está abaixo do limite recomendado por norma para o volume distribuído. Foram obtidos 90 trechos e nós, 370 lotes consumidores, 1110 habitantes e extensão total da rede de 13508 m para o sistema atual. Observou-se pressões abaixo do recomendado pela NBR 12218 (ABNT, 2017) em 6 nós dos Reservatórios 1 e 3, e em 5 nós acima nos Reservatórios 3 e 4. As velocidades mantiveram-se abaixo em praticamente todos os trechos. As alternativas propostas para adequação dos problemas encontrados foram alteração dos diâmetros das tubulações, elevação dos Reservatórios 1 e 3 e instalação de válvulas redutoras de pressão nas redes dos Reservatórios 3 e 4, que mostraram-se efetivas. Para o dimensionamento futuro, houve um aumento de 743 m de extensão na rede e de 1027 habitantes. Mantendo-se as melhorias propostas, as pressões seguiram adequadas e as velocidades baixas.

Palavras-chave: Dimensionamento hidráulico. Rede de água. Simulação hidráulica. Sistema de abastecimento de água.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Partes de um sistema de abastecimento.....	20
Figura 2 – Reservatório de montante e de jusante (sobras).....	25
Figura 3 – Posição dos reservatórios no terreno	25
Figura 4 – Esquema de rede ramificada.....	27
Figura 5 – Esquema de rede malhada.....	28
Figura 6 – Esquema de rede mista.....	28
Figura 7 – Localização geográfica da cidade de Doutor Ricardo/RS.....	33
Figura 8 – Delimitação da área de estudo, compreendendo a área urbana do município de Doutor Ricardo/RS.....	34
Figura 9 – Simbologia para representação em planta dos elementos da rede de abastecimento.....	36
Figura 10 – Localização dos poços artesianos e seus respectivos reservatórios.....	41
Figura 11 – Situação do Poço Gruta 1.....	42
Figura 12 – Situação do Poço Gruta 2.....	43
Figura 13 – Situação do Astor Giacobbo.....	44
Figura 14 – Situação do Poço Herculino Luzzi.....	45
Figura 15 – Situação do Poço Domingos Biolchi.....	46
Figura 16 – Área de abastecimento do Reservatório 1.....	47
Figura 17 – Situação do Reservatório 1.....	48
Figura 18 – Área de abastecimento do Reservatório 2.....	49

Figura 19 – Situação do Reservatório 2.....	49
Figura 20 – Área de abastecimento do Reservatório 3.....	50
Figura 21 – Situação do Reservatório 3.....	51
Figura 22 – Área de abastecimento do Reservatório 4.....	52
Figura 23 – Situação do Reservatório 4.....	52
Figura 24 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 1.....	62
Figura 25 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 1.....	63
Figura 26 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 2.....	63
Figura 27 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 2.....	64
Figura 28 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 3.....	64
Figura 29 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 3.....	65
Figura 30 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 4.....	65
Figura 31 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 4.....	66
Figura 32 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 1 com adequações.....	68
Figura 33 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 1 com adequações..	68
Figura 34 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 2 com adequações.....	69
Figura 35 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 2 com adequações..	70
Figura 36 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 3 com adequações.....	71
Figura 37 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 3 com adequações..	71
Figura 38 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 4 com adequações.....	72
Figura 39 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 4 com adequações..	73
Figura 40 – Pressões e diâmetros da rede futura do Reservatório 1.....	81
Figura 41 – Pressões e diâmetros da rede futura do Reservatório 2.....	82
Figura 42 – Pressões e diâmetros da rede futura do Reservatório 3.....	82
Figura 43 – Pressões e diâmetros da rede futura do Reservatório 4.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das águas naturais para consumo humano.....	24
Tabela 2 – Dados das vazões atual e necessária.....	54
Tabela 3 – Dados das reservas atuais e necessárias.....	55
Tabela 4 – Características da rede de abastecimento do Reservatório 1.....	56
Tabela 5 – Características da rede de abastecimento do Reservatório 2.....	58
Tabela 6 – Características da rede de abastecimento do Reservatório 3.....	59
Tabela 7 – Características da rede de abastecimento do Reservatório 4.....	60
Tabela 8 – Dados das vazões atuais e necessárias para o sistema futuro.....	74
Tabela 9 – Dados das reservas atuais e necessárias para o sistema futuro.....	75
Tabela 10 – Características da futura rede de abastecimento do Reservatório 1.....	76
Tabela 11 – Características da futura rede de abastecimento do Reservatório 2.....	77
Tabela 12 – Características da futura rede de abastecimento do Reservatório 3.....	78
Tabela 13 – Características da futura rede de abastecimento do Reservatório 4.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

®	Marca Registrada
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETA	Estação de Tratamento de Água
hab	Habitantes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
km	Quilômetro, unidade de medida
km ²	Quilômetro quadrado, unidade de medida
kPa	Quilopascal, unidade de pressão
L/s	Litro por segundo, unidade de medida
m	Metro, unidade de medida
m/km	Metro por quilômetro, unidade de medida
m/m	Metro por metro, unidade de medida
m/s	Metro por segundo, unidade de medida
m ³	Metro cúbico, unidade de medida
m ³ /s	Metro cúbico por segundo, unidade de medida
mca	Metro de coluna d'água, unidade de pressão
mg/L	Miligramma por litro, unidade de medida
ml	Mililitro, unidade de medida
mm	Milímetro, unidade de medida
MS	Ministério da Saúde

NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NMP	Número Mais Provável
O	Oeste, coordenada geográfica
ODM	Organização de Desenvolvimento do Milênio
ONU	Organização das Nações Unidas
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
Planasa	Plano Nacional de Saneamento
PVC	Policloreto de Vinila
R\$	Reais
RS	Rio Grande do Sul
S	Sul, coordenada geográfica
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
VRP	Válvula Redutora de Pressão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Problema de pesquisa.....	13
1.2 Objetivos.....	14
1.2.1 Objetivo geral.....	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 Justificativa da pesquisa.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Breve histórico do saneamento básico.....	16
2.2 Estimativas populacionais.....	19
2.3 Sistemas de abastecimento de água.....	19
2.3.1 Manancial.....	20
2.3.2 Captação e adução.....	21
2.3.3 Sistemas de tratamento.....	22
2.3.4 Reservatório.....	24
2.3.5 Rede de distribuição.....	27
2.4 Processo de concepção.....	29
2.5 Normas para concepção.....	31
2.6 Utilização do software EPANET 2.0.....	32
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	33
3.1 Caracterização da área de estudo.....	33
3.2 Levantamento de dados.....	34
3.3 Mapeamento da rede de abastecimento de água.....	35
3.3.1 Determinação das cotas do terreno.....	36
3.4 Projeção populacional.....	37
3.5 Determinação da reserva necessária para a área urbana.....	37
3.6 Determinação das vazões de distribuição.....	38
3.7 Simulação hidráulica.....	38

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1 Caracterização e diagnóstico do sistema de abastecimento de água.....	40
4.1.1 Diagnóstico do manancial e poços artesianos.....	40
4.1.2 Diagnóstico dos reservatórios.....	46
4.1.3 Alternativas para adequação dos problemas nos poços artesianos e reservatórios.....	53
4.2 Análise da vazão e da capacidade de reservação do sistema atual.....	54
4.3 Diagnóstico inicial da rede de abastecimento do sistema atual.....	56
4.3.1 Resultados do mapeamento em AutoCAD.....	56
4.3.2 Resultados da simulação hidráulica no EPANET 2.0.....	61
4.3.3 Alternativas para adequação dos problemas na rede de abastecimento..	67
4.4 Dimensionamento do sistema de abastecimento para a demanda futura...	74
4.4.1 Vazão e capacidade de reservação necessários.....	74
4.4.2 Caracterização da rede de abastecimento futura.....	75
4.4.3 Simulação hidráulica da rede futura.....	81
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
REFERÊNCIAS.....	87
APÊNDICE A – Planta do sistema de abastecimento de água urbano de Doutor Ricardo/RS.....	91
APÊNDICE B – Dados da simulação hidráulica do sistema de abastecimento atual.....	92
APÊNDICE C – Dados da simulação hidráulica do sistema de abastecimento atual com adequações.....	96
APÊNDICE D – Dados da simulação hidráulica do sistema de abastecimento futuro.....	100

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural destinado a diversos fins, como abastecimento humano e pecuário, irrigação de lavouras, produção industrial, geração de energia, navegação, lazer e conservação da fauna e flora. No entanto, o aumento da demanda ocasionado pela concentração da população, atividades agrícolas e industriais têm excedido a capacidade hídrica, gerando escassez (BRASIL, 2015).

O processo de urbanização causado pelo êxodo rural da população à procura de um melhor padrão de vida e pela industrialização resultou na implantação e crescimento das áreas urbanas, provocando mudanças sobre os recursos naturais, sobretudo quanto a necessidade de captação de água para suprimento. O aumento da demanda hídrica, que ocorre pelo número de domicílios atendidos e pelo aumento do consumo per capita, pode levar os mananciais à sobrecarga e à indisponibilidade de água para a manutenção da vazão necessária. Além disso, o crescimento populacional urbano pode impactar também sobre a qualidade da água, devido à contaminação dos mananciais, sobretudo em locais pouco desenvolvidos, afetando o consumo desta população (CASTRO, 2007; CARMO; DAGNINO; JOHANSEN, 2014).

Andrade Sobrinho e Borja (2016) destacam a importância da implantação e manutenção de um sistema de abastecimento capaz de atender de forma adequada e otimizada à demanda das cidades, além do uso racional da água pela população para evitar a escassez dos recursos hídricos. O aumento da temperatura é um dos fatores que leva ao maior consumo per capita de água, porém, se o mesmo estiver acompanhado de menor precipitação pluviométrica, pode haver falta de água para

abastecimento, bem como necessidade de adoção de medidas de controle de seu uso (FEIL, 2010).

O município de Doutor Ricardo, localizado na região Nordeste do Rio Grande do Sul, tem sofrido com o período de estiagem desde o final de 2019, tendo decretado situação de emergência através do Decreto Municipal nº 05/2020, de 17 de janeiro de 2020, sendo a mesma reconhecida pelo Governo Federal pela Portaria nº 569/2020, de 16 de março de 2020. Segundo a Defesa Civil do município, os efeitos dessa estiagem refletem em problemas de abastecimento, levando a orientação por meio de decreto para que a população faça uso responsável da água (PREFEITURA MUNICIPAL DE DOUTOR RICARDO, 2020).

Perante ao crescimento populacional na área urbana e aos problemas de abastecimento gerados pela situação de estiagem, que levam a necessidade de racionamento da água, a existência de um sistema de abastecimento de água (SAA) que atenda às demandas atuais e futuras é imprescindível. Por isso, este trabalho visa a elaboração de um SAA que atenda as demandas atuais e futuras do município de Doutor Ricardo/RS, com mapeamento e dimensionamento realizados com o auxílio de planilhas e *softwares* após análise e diagnóstico do sistema existente.

1.1 Problema de pesquisa

Devido ao fato do aumento populacional urbano e períodos de estiagem, faz-se necessário um melhor planejamento atual e futuro do sistema de abastecimento urbano do município de Doutor Ricardo/RS. O modelo existente encontra-se defasado não possuindo qualquer mapeamento em *software*, dificultando a solução de possíveis problemas de abastecimento. Um novo sistema de abastecimento de água supriria as demandas atuais e futuras do município, principalmente durante épocas de estiagem?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Elaborar um diagnóstico e análise para o sistema de abastecimento de água (SAA) da área urbana do município de Doutor Ricardo/RS visando analisar a situação atual e futura de funcionamento da rede, bem como a projeção da mesma com a indicação de soluções hidráulicas possíveis de serem aplicadas e simuladas através do *software* EPANET 2.0.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar e diagnosticar o atual sistema de abastecimento de água do município de Doutor Ricardo/RS;
- Identificar as redes de abastecimento existentes, bem como a localização dos poços artesianos e reservatórios;
- Mapear as redes existentes através do uso do *software* AutoCAD;
- Dimensionar o sistema de abastecimento de água com auxílio de planilhas e do *software* EPANET 2.0;
- Dimensionar um sistema a longo prazo considerando o sistema existente.

1.3 Justificativa da pesquisa

Apesar do município de Doutor Ricardo ser predominantemente rural, nos últimos anos ocorreu um rápido aumento da população na área urbana devido ao êxodo rural. Com isso houve um crescimento da demanda de água, sobretudo em períodos de estiagem, nos quais adotam-se medidas de racionamento devido ao maior consumo que pode levar a escassez do recurso disponível.

Uma solução para este problema seria o planejamento de um novo sistema de abastecimento de água capaz de suprir com esta demanda, prevendo o consumo oriundo do crescimento populacional urbano e um plano emergencial para épocas de escassez.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Breve histórico do saneamento básico

De acordo com Rocha (2018), alguns povos antigos desenvolveram técnicas sofisticadas para captação, condução, armazenamento e utilização da água dos rios e da chuva, construindo canais de irrigação e galerias, sistemas de recalque, cisternas, poços, túneis e aquedutos. Por volta de 1450 a.C, os egípcios armazenavam água em vasos de barro por vários meses, onde a mesma sofria decantação para posterior consumo, enquanto chineses e japoneses, através de filtração por capilaridade, davam condições de potabilidade à água. Os gregos captavam água da chuva em cisternas e poços, os hindus propuseram a filtração em carvão, areia ou cascalho, e povos antigos da América do Sul e Central construíram canais para abastecimento.

Os romanos deixaram um importante legado em infraestrutura e saneamento, como construção de galerias, aquedutos, sistemas de esgoto e sistema de coleta de água com tubulações de tijolos, relacionando inclusive o processo saúde-doença que envolve o abastecimento de água e o tratamento de esgoto. Os aquedutos de Roma levavam água aos reservatórios e, após, a tanques menores com vazão controlada por comportas (ROCHA, 2018).

Data da Idade Média o primeiro sistema de abastecimento de água encanada por canos de chumbo na Europa; durante a Idade Moderna, adotou-se canos de ferro fundido, e também se aperfeiçoou as bombas hidráulicas e foram

desenvolvidos métodos de medição de vazão. Durante estes anos, a população dos países europeus desprezava as noções de higiene, descartando seus resíduos nas ruas, o que obrigou seus governantes a criar medidas visando o saneamento e higienização das cidades. Porém, o sistema de esgotamento de dejetos levou a contaminação dos cursos d'água, ocasionando epidemias como a cólera e a febre tifóide, as quais vitimaram milhares de pessoas, até que, no início do século XX, foram desenvolvidas técnicas para tratamento do esgoto (CAVINATTO, 1992 apud RIBEIRO; ROOKE, 2010; ROCHA, 2018).

No Brasil, alguns anos após o descobrimento, foi escavado o primeiro poço para abastecimento de água no Rio de Janeiro. No século XVII, foram iniciadas obras para adução de água e, no século seguinte, construíram-se os primeiros aquedutos e chafarizes. Já final do século XIX, foram desenvolvidos sistemas de abastecimento nas cidades de São Paulo, Porto Alegre e Rio de Janeiro. Nestes anos também foi inaugurada a primeira Estação de Tratamento de Água (ETA) em Campos, no Rio de Janeiro (ROCHA, 2018).

Segundo Rocha (2018), grandes avanços vieram a ocorrer nos primórdios do século XX, como o início do tratamento químico da água em Recife, a obrigatoriedade da cloração das águas de abastecimento de São Paulo e a instalação dos primeiros Filtros Rápidos de Gravidade do Brasil, em Porto Alegre. Já na década de 70, na segunda maior ETA do mundo, o Sistema Guaraú, Cantareira, utilizou-se de compostos químicos para acelerar o processo de adsorção e absorção de partículas em suspensão na água. Na mesma década também se tornaram obrigatórias as análises químicas devido ao aumento de doenças relacionadas à água consumida, uma vez que, poucos anos antes, havia dificuldade em relacionar os benefícios do saneamento para com a saúde (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

Com o aumento da industrialização e a migração populacional ocorrida nos anos 1950, criando aglomerados urbanos e periferias pobres, houve contaminação dos mananciais de água e escassez de recursos naturais. Tal fato deu origem, em 1970, ao Plano Nacional de Saneamento (Planasa) e companhias estaduais de saneamento (ROCHA, 2018; SANTOS et al., 2018). Somente duas décadas depois

foi dado ênfase ao desenvolvimento sustentável e preservação do meio ambiente e dos recursos hídricos, com a instituição da Política e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97) (SOARES; BERNARDES; CORDEIRO NETTO, 2002).

Para Tsutiya (2006) e Ribeiro e Rooke (2010), há inúmeros benefícios da implantação de um sistema de abastecimento: melhoria da saúde e das condições de vida, redução da incidência de doenças relacionadas à água, consequente diminuição da mortalidade e aumento da expectativa de vida, implantação de hábitos de higiene pessoal e do ambiente, redução da incidência de cáries dentárias devido a fluoretação da água, e incentivo ao desenvolvimento econômico tanto pela diminuição de gastos com doenças infecto-parasitárias quanto pelo aumento da qualidade de vida e de saúde dos trabalhadores que geram renda.

De acordo com Sousa (2011), entre 1970 a 1991, o Planasa, antes de ser extinto, ampliou de 32,8% para 70,7% o número de domicílios com abastecimento de água e de 26,4% para 52,4% com esgoto ligado à rede geral ou fossa. Ainda segundo a autora, o Brasil possui uma meta a ser atingida:

No acordo firmado pelos países-membros da ONU na Cúpula do Milênio do ano 2000, a meta para a universalização do acesso ao saneamento básico é o ano de 2025. Porém, a meta intermediária exigida para o atendimento dos objetivos de desenvolvimento do milênio (ODM) impõe que se reduza pela metade até 2015 a população que, em 1990, não dispunha desses serviços. Isso significa elevar o acesso à água potável e ao esgotamento sanitário adequado para 84,88% e 69,71% da população brasileira, respectivamente, até 2015 (Sousa, 2011, p. 19).

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2015, a meta intermediária foi atingida, uma vez que o número de domicílios com rede geral de abastecimento de água era de 85,4%, e com esgotamento sanitário adequado 80,6% (IBGE, 2019). No entanto, Sousa (2011) afirma que, mantendo-se a tendência deficitária de investimento em saneamento básico observada nos governos anteriores, a universalização de acesso a esse direito não será atingida no prazo acordado.

2.2 Estimativas populacionais

Para a concepção de um projeto de abastecimento de água, é necessário prever a população futura do local onde o mesmo será implantado, que deve ser coerente com a densidade populacional da área (atual, futura ou saturação). Esta previsão geralmente é feita através de métodos matemáticos, que utilizam equações com parâmetros obtidos de dados conhecidos. Os cálculos dos métodos podem ser desenvolvidos em planilhas eletrônicas, como o Excel® (HELLER; PÁDUA, 2010; BRASIL, 2015).

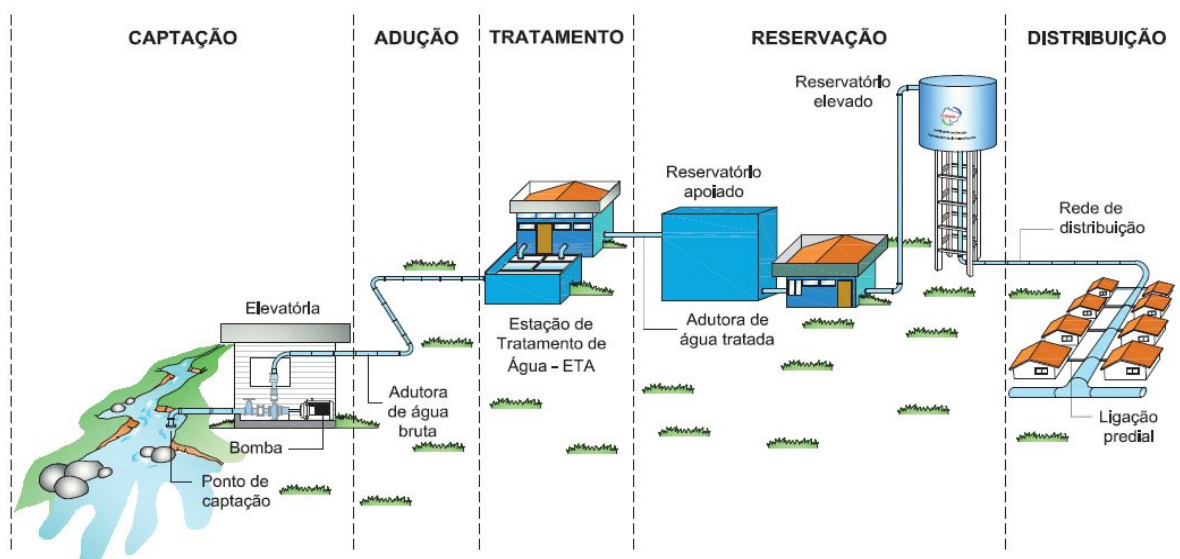
Os métodos mais utilizados são aritmético, geométrico, curva logística e taxa decrescente de crescimento. No método aritmético, a taxa de crescimento é constante, admitindo que a população varie linearmente com o tempo, para um período curto, com dados populacionais conhecidos. O método geométrico pressupõe o crescimento populacional em função da população existente em cada instante, também sendo utilizado para estimativas de menor prazo. Já no método da curva logística o crescimento populacional segue uma relação que estabelece uma curva em S, tendendo a um valor de saturação. Por fim, a taxa decrescente de crescimento parte da premissa de que, enquanto a cidade cresce, a taxa de crescimento diminui e a população tende assintoticamente a saturação (HELLER; PÁDUA, 2010; BRASIL, 2015).

2.3 Sistemas de abastecimento de água

Um sistema de abastecimento de água constitui-se em um conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos, caracterizando-se pela retirada da água da natureza, adequação de sua qualidade e transporte até os aglomerados humanos (BRASIL, 2015).

Segundo Tsutiya (2006) e Brasil (2015), os sistemas de abastecimento de água são compostos pelos mananciais, adutoras, sistema de tratamento, reservatórios e rede de distribuição, conforme exemplificado na Figura 1.

Figura 1 – Partes de um sistema de abastecimento.



Fonte: Brasil (2015, p. 67).

2.3.1 Manancial

Manancial é uma fonte de água que abastece o sistema, podendo ser do tipo subterrâneo, superficial ou águas meteóricas. O manancial subterrâneo é aquele que se encontra totalmente abaixo da superfície terrestre (lençóis freático e profundo), sendo a água captada por poços rasos ou profundos, galerias de infiltração ou aproveitamento de nascentes, enquanto o manancial superficial escoa da superfície terrestre (córregos, rios, lagos e reservatórios artificiais) sendo a água captada diretamente destes. Já as águas meteóricas estão presentes na natureza provenientes da chuva, neve e granizo, armazenadas em cisternas (TSUTIYA, 2006; HELLER; PÁDUA, 2010; BRASIL, 2015).

A escolha do manancial deve levar em conta a qualidade da água e vazão suficiente para atender a demanda durante o período de projeto (tempo para o qual o sistema é projetado), prevendo o crescimento populacional. A estimativa da

população a ser abastecida considera: a população atual, o período de projeto, a taxa de crescimento populacional, o consumo per capita, a variação diária do consumo e o número de horas de funcionamento do sistema (BRASIL, 2015).

De acordo com a NBR 12212 (ABNT, 2017), a área do poço artesiano deve estar em boas condições, existindo um perímetro de proteção sanitária. Este perímetro deve garantir condições de segurança, disponibilidade de espaço e facilidades na superfície para instalação do poço.

2.3.2 Captação e adução

Segundo Heller e Pádua (2010) e Brasil (2015), captação consiste no conjunto de equipamentos e instalações utilizados para extração de água do manancial para o sistema de abastecimento, variando conforme o tipo de manancial. Seu projeto deve considerar as características físicas do curso d'água e de suas margens, bem como as variações sazonais de vazão.

Adução é o conjunto de tubulações que fazem o transporte da água, entre as unidades de captação, tratamento, estações elevatórias, reservação e rede de distribuição. A adutora pode ser classificada de acordo com a água que transporta em adutora de água bruta ou de água tratada e, conforme suas características hidráulicas, em conduto livre, em conduto forçado por gravidade ou em recalque. A adução por gravidade é o meio mais seguro e econômico e, na inexistência de desnível suficiente para conduzir a vazão necessária entre as unidades, utilizam-se estações elevatórias (HELLER; PÁDUA, 2010; BRASIL, 2015).

De acordo com Heller e Pádua (2010) e Brasil (2015), a vazão (Q) é um dado essencial ao dimensionamento das adutoras, sendo condicionada pelo consumo per capita, pela população do projeto, pelo coeficiente do dia de maior consumo (K_1), bem como pelo tempo de funcionamento e capacidade das unidades do sistema.

2.3.3 Sistemas de tratamento

Brasil (2015) define que o sistema de tratamento de água é um conjunto de etapas que consiste em melhorar as características físico-químicas, organolépticas e bacteriológicas, para torná-la própria para o consumo humano. A realização do tratamento e o método a ser utilizado deve seguir a classificação das águas doces, salinas e salobras estabelecida pela Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. De acordo com seu uso, as águas doces podem ser classificadas em especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4 (BRASIL, 2005).

Enquanto a classe especial necessita apenas de desinfecção, há outros três métodos de tratamento disponíveis para as demais classes: tratamento simplificado (classe 1), convencional (classe 2 e 3) e avançado (classe 3). A classe 4 não requer tratamento, pois não é destinada ao consumo humano, somente à navegação e à harmonia paisagística (BRASIL, 2005; BITTENCOURT; PAULA, 2014).

O tratamento simplificado permite a utilização da água após filtração simples (filtros lentos) para remoção de partículas e microrganismos, desinfecção através do uso de cloro para remoção de microrganismos patogênicos, fluoretação para redução de cáries dentárias, e correção do pH para controle da acidez e da alcalinidade e redução do potencial corrosivo da água sobre as tubulações metálicas e estruturas de concreto (BITTENCOURT; PAULA, 2014).

No tratamento convencional, as etapas adotadas são coagulação, floculação, sedimentação, filtração, desinfecção, correção de pH e fluoretação. A coagulação consiste na adição de agentes coagulantes na água, onde após agitação ocorre a formação de pequenas partículas que irão se agrupar, dando origem aos flocos (floculação). Estes flocos, com consistência e densidade maior, sofrerão sedimentação, depositando-se no fundo do decantador. No entanto, é possível que restem alguns flocos flutuando na água, motivo pelo qual faz-se necessária a filtração por filtros rápidos, constituídos por camadas de brita e areia de granulometria variada, além de uma camada de carvão ativado para remoção de substâncias que produzam odor ou sabor (BITTENCOURT; PAULA, 2014).

Bittencourt e Paula (2014) também apresentam o tratamento avançado, que além dos resultados do tratamento convencional, também permite a remoção de cor, odor, sabor e de compostos potencialmente tóxicos, como metais, ou microrganismos patogênicos. Isso ocorre pelo processo de osmose reversa, com o fluxo sendo forçado por uma pressão do meio mais concentrado para o de menor concentração através de uma membrana semipermeável, com retenção dos contaminantes.

A NBR 12216 (ABNT, 1992) classifica as águas naturais para consumo humano conforme sua origem, a qual influencia sua qualidade e, assim, também a recomendação do tratamento mínimo para sua potabilidade:

- Tipo A, águas subterrâneas e superficiais protegidas, passam pelos tratamentos de desinfecção e correção do pH;
- Tipo B, águas subterrâneas e superficiais não protegidas, passam pelos tratamentos de desinfecção, correção do pH e decantação simples quando contém sólidos sedimentados, ou filtração e/ou decantação, quando possuem turbidez natural;
- Tipo C, águas superficiais não protegidas, exigem o processo de coagulação, e/ou decantação, filtração, desinfecção e correção do pH para se tornar potável;
- Tipo D, águas superficiais não protegidas, sujeitas a poluição, exigindo processo especial de tratamento para se tornar potável (no mínimo do tipo C com tratamento complementar).

Os parâmetros utilizados para a classificação acima são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 – Classificação das águas naturais para consumo humano.

Tipos	A	B	C	D
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) 5 dias (mg/L) - média - máxima em qualquer amostra	até 1,5 1-3	1,5-2,5 3-4	2,5-4,0 4-6	>4,0 >6
Coliformes (NMP/100ml) - média mensal em qualquer mês - máximo	50-100 >100 cm menos de 5% das amostras	100-5000 >5000 cm menos de 20% das amostras	5000-20000 >20000 cm menos de 5% das amostras	>20000 -
Potencial Hidrogeniônico (pH)	5-9	5-9	5-9	3,8-10,3
Cloretos	<50	50-250	250-600	>600
Fluoretos	<1,5	1,5-3,0	>3,0	-

Fonte: NBR 12216 (1992, p. 3), adaptado pelo autor.

A Portaria de Consolidação nº 5, do Ministério da Saúde, de 28 de setembro de 2017, ao estabelecer os processos de controle, vigilância e padrões de potabilidade da água tratada, diz que toda água destinada ao consumo humano deve passar pelo processo de desinfecção ou cloração para eliminar microrganismos patogênicos. Assim, deve-se atentar ao tempo de contato e valor das concentrações residuais nas saídas dos tanques de contato, com obrigatoriedade de manutenção dos limites mínimos de 0,2 mg/L de cloro residual livre, ou 2 mg/L de cloro residual combinado, ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro, em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) (BRASIL, 2017).

2.3.4 Reservatório

Dentro de um sistema de abastecimento de água, o reservatório exerce diversas funções, como realizar a compensação entre a vazão de produção e as vazões de consumo, variáveis ao longo do dia, garantir a continuidade do abastecimento em caso de paralisação da produção de água, reserva para incêndios ou emergências e manter as pressões necessárias na rede de distribuição. Podem ser classificados em função de sua localização no sistema como de montante ou de

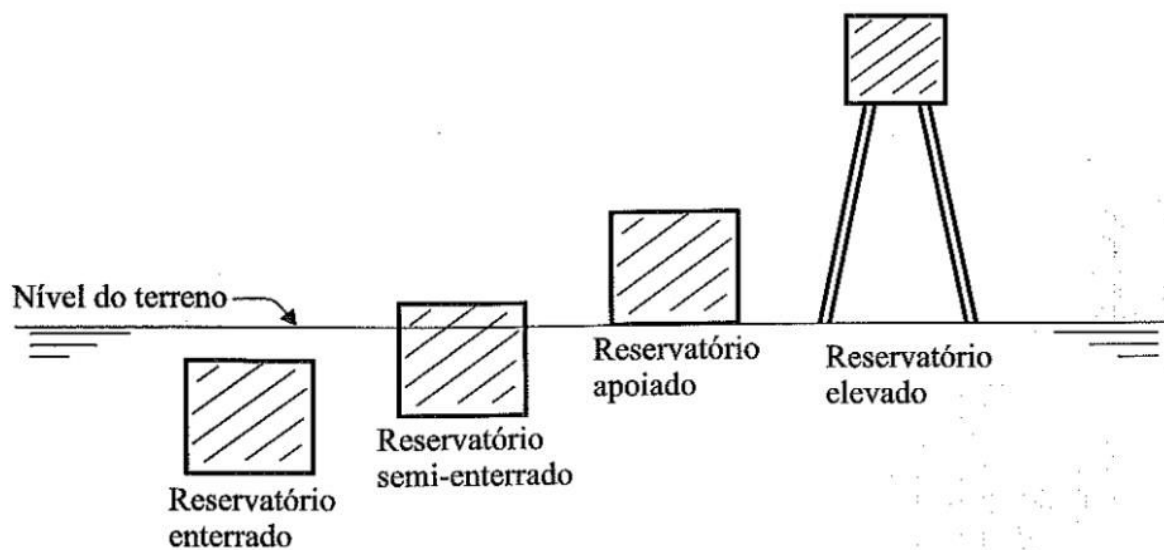
jusante (FIGURA 2), e em função de sua posição no terreno como apoiado, elevado, semienterrado ou enterrado (FIGURA 3) (TSUTIYA, 2006; HELLER; PÁDUA, 2010; BITTENCOURT; PAULA, 2014; BRASIL, 2015).

Figura 2 – Reservatório de montante e de jusante (sobras).



Fonte: Tsutiya (2006, p. 341).

Figura 3 – Posição dos reservatórios no terreno.



Fonte: Tsutiya (2006, p. 344).

O reservatório de montante situa-se no início da rede de distribuição e sempre fornece água à rede. Devido às variações das cargas piezométricas, o ideal é que esteja localizado próximo ao centro de consumo e, além disso, a topografia da cidade pode exigir a utilização de outro reservatório. Já o reservatório de jusante,

também chamado de reservatório de sobras, pode receber ou fornecer água, de acordo com os períodos de menor ou maior demanda (TSUTIYA, 2006; HELLER; PÁDUA, 2010).

O reservatório elevado é construído sobre uma coluna a fim de aumentar a pressão para atender às condições topográficas. Em cidades mais planas ele é construído próximo de outro tipo de reservatório, que faz a adução da água para o elevado, reduzindo os gastos com energia elétrica. Já em cidades de relevo mais acidentado, o reservatório é comumente instalado distante da parte central da cidade e é alimentado por meio de uma estação elevatória denominada *booster*, cuja tubulação de chegada deve estar localizada na parte superior, proporcionando maior eficiência do sistema. O reservatório enterrado é construído sob o terreno, enquanto o semienterrado fica pelo menos um terço abaixo do terreno, e o apoiado menos de um terço está abaixo do nível do solo (TSUTIYA, 2006; HELLER; PÁDUA, 2010; BRASIL, 2015).

Geralmente, os reservatórios são feitos de concreto armado, aço, fibra de vidro, polietileno ou PVC. Conforme a NBR 12217 (ABNT, 1994) devem estar sempre bem protegidos para evitar contaminações e entrada de pessoas não autorizadas, dotados de tubo de ventilação, impermeabilização, cobertura que impeça a entrada de águas pluviais, animais e corpos estranhos, sistema de drenagem, abertura para limpeza, registro de descarga, extravasor, indicador de nível e escada de acesso, sendo que para alturas superiores a 6 m deve haver guarda-corpo. Além disso, devem ser limpos e desinfetados com frequência (BRASIL, 2015).

Segundo Bittencourt e Paula (2014), os volumes a serem oferecidos devem ser calculados a partir de estudos populacionais, pois os picos de maior consumo ocorrem durante o dia devido a atividades cotidianas. Além disso, é necessário prever também cenários futuros como crescimento demográfico, disponibilidade hídrica, clima e atividades desenvolvidas na região para estabelecimento da demanda de água futura. Recomenda-se que a capacidade de reserva seja igual ou maior a um terço do volume de água consumido no dia de maior consumo, e

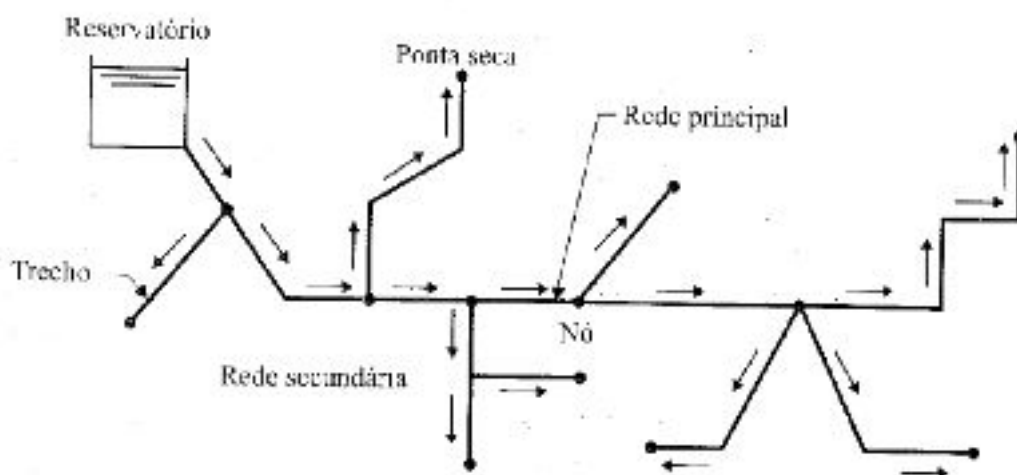
igual ou maior que a relação da vazão média do dia de maior consumo pelo tempo em que a adução permanecerá inoperante neste dia (BRASIL, 2015).

2.3.5 Rede de distribuição

A rede de distribuição é constituída por tubulações, conexões e peças especiais instalados em locais públicos para fornecimento contínuo de água potável em quantidade, qualidade e pressão adequadas a todos usuários do sistema (consumidores). Sua importância está relacionada ao fato de ser a unidade final do sistema, devendo garantir que a água vinda das unidades anteriores chegue aos consumidores finais sem comprometer suas características. É a unidade mais extensa, responsável por cerca de 50% do custo de implantação do sistema (HELLER; PÁDUA, 2010).

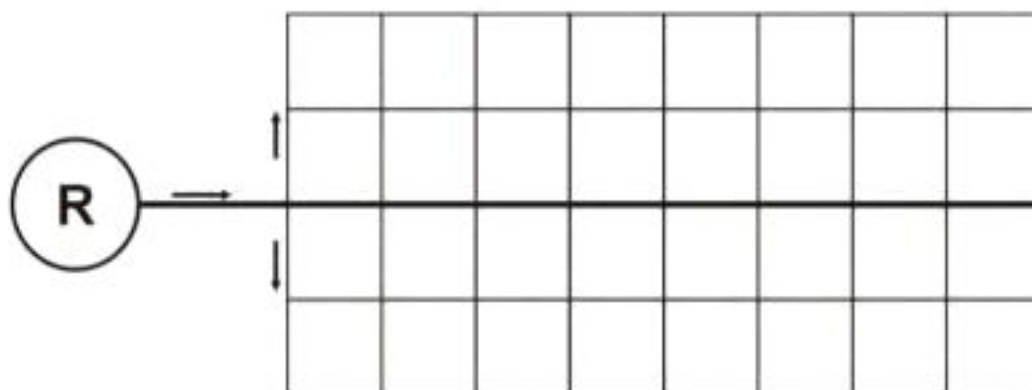
Quanto a sua classificação, as redes de distribuição podem ser ramificadas (FIGURA 4), onde uma tubulação principal possui tubulações secundárias; malhadas (FIGURA 5), onde da tubulação principal partem tubulações secundárias que se intercomunicam; e mistas (FIGURA 6), com combinação entre as duas anteriores. A escolha do tipo de rede depende das características físicas e topográficas, do traçado das ruas e da forma de ocupação do local (TSUTIYA, 2006; BRASIL, 2015).

Figura 4 – Esquema de rede ramificada.



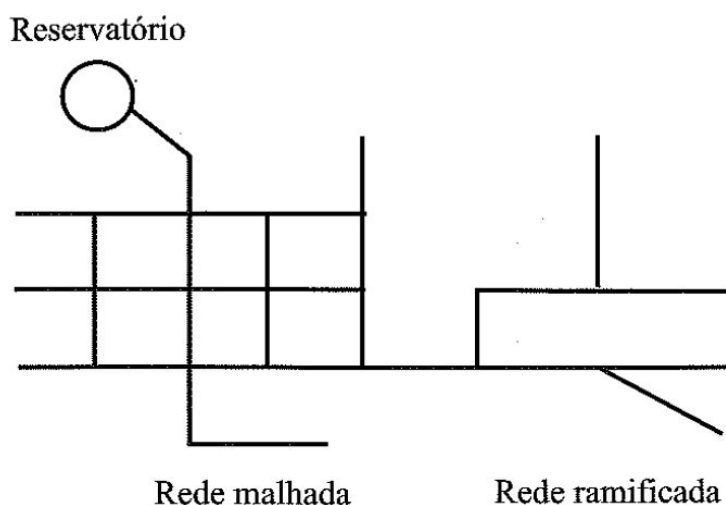
Fonte: Tsutiya (2006, p. 390).

Figura 5 – Esquema de rede malhada.



Fonte: Brasil (2015, p. 135).

Figura 6 – Esquema de rede mista.



Fonte: Tsutiya (2006, p. 395).

Quanto aos consumidores, Tsutiya (2006) os classifica em quatro categorias: doméstico, comercial, industrial e público. Essa divisão, além da fácil identificação, permite estabelecer as políticas tarifárias e cobranças diferenciadas, uma vez que o consumo entre consumidores domésticos é pouco variável, enquanto comerciais e industriais apresentam várias faixas de consumo, em razão do tipo de atividade.

Segundo a NBR 12218 (ABNT, 2017), para elaboração de um projeto de abastecimento, deve-se delimitar a área a ser abastecida e as zonas de pressões, e definir o volume dos reservatórios, o trajeto dos condutos e dimensionamento dos

mesmos, bem como de instrumentos e acessórios. A norma também recomenda uma velocidade mínima para que sempre haja circulação de água na rede, a fim de não causar prejuízos na qualidade da água tratada em seu destino final, assim como não ultrapasse a velocidade máxima para não ocorrerem danos devido ao excesso de pressão. Os valores mínimo e máximo são, respectivamente, 0,6 m/s e 3,5 m/s. Além disso, a pressão estática nos pontos da rede em que não há consumo deve ser de, no máximo, 400 kPa a 500 kPa (equivalente a 40 e 50 mca), e a pressão dinâmica nos pontos onde há consumo deve ser de, no mínimo, 100 kPa (ou 10 mca).

Para o dimensionamento das redes de distribuição, calcula-se a vazão máxima de distribuição utilizando os coeficientes do dia de maior consumo (K_1), que é a relação do maior consumo diário do ano pelo consumo médio diário do ano, e da hora de maior consumo (K_2), sendo esta a relação da maior vazão horária do dia pela vazão média do dia, além da população do projeto e do consumo médio per capita. Para calcular a vazão por metro linear da rede divide-se a vazão máxima pelo comprimento total da rede (TSUTIYA, 2006; HELLER, PÁDUA; 2010).

2.4 Processo de concepção

Segundo Azevedo Netto (2015), a concepção de um sistema de abastecimento requer a elaboração de estudos e projetos prévios, a fim de avaliar as necessidades atuais e futuras, com as obras devendo ser projetadas para ter um alcance de 10 a 30 anos. Além disso, Tsutiya (2006) e Heller e Pádua (2010), afirmam que é necessária uma sequência cuidadosa de formulações para definir a mais adequada e conveniente para a realidade em consideração. As etapas a serem adotadas são:

- levantamento das características físicas e socioeconômicas, através de visitas ao campo, obtenção de informações e levantamentos topográficos e geotécnicos;

- levantamento das características demográficas, com base em informações do IBGE, da prefeitura municipal, da concessionária de energia elétrica e de órgãos de planejamento;
- levantamento do sistema existente, por meio de informações locais e cadastro, sobretudo seu estado de conservação e funcionamento;
- pesquisa de mananciais, com base em mapas geológicos, cartografia local, informações dos moradores e levantamento das fontes utilizadas;
- cálculo da demanda e estimativa das vazões mínimas;
- definição do alcance do projeto, das vazões e das alternativas, que podem ser de todo o sistema ou de unidades específicas;
- anteprojeto e pré-dimensionamento das alternativas, abordando cada unidade para estimativa de custos;
- avaliação econômico-financeira das alternativas, incluindo as despesas com implantação e operação comparados ao valor presente;
- avaliação das vantagens e desvantagens das alternativas, sob os pontos de vista social, cultural, ambiental, da afinidade com a realidade local, entre outros;
- escolha da concepção do projeto entre as alternativas avaliadas ou adoção de uma combinação entre alternativas;
- viabilidade econômico-financeira da solução escolhida e determinação das necessidades tarifárias, comparando as despesas e as receitas potenciais, considerando a estrutura tarifária vigente e o perfil de consumidores;
- descrição da solução adotada, com uma síntese de cada unidade e suas características hidráulicas e dimensionais, comunicando a solução recomendada para busca por recursos financeiros e/ou elaboração de projetos.

2.5 Normas para concepção

Durante a elaboração do projeto de sistema de abastecimento de água deve-se atender as diretrizes apresentadas pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que fornecem procedimentos desde a etapa de concepção do projeto até a de distribuição de água (TSUTIYA, 2006; SILVA, 2017). As normas brasileiras a serem seguidas são:

- NBR 12586/92 – Cadastro de sistema de abastecimento de água – Procedimento;
- NBR 12211/92 – Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água – Procedimento;
- NBR 12212/2017 – Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea – Procedimento;
- NBR 12213/92 – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público – Procedimento;
- NBR 12214/1990 – Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público – Procedimento;
- NBR 12215/2017 – Projeto de adutora de água para abastecimento público – Procedimento;
- NBR 12216/92 – Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público – Procedimento;
- NBR 12217/94 – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento;
- NBR 12218/2017 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento;

- NBR 12266/92 – Projeto de execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana – Procedimento.

Além destas normas, há ainda a Portaria de Consolidação nº 5/2017, originada da Portaria MS nº 2914/2011, que também fornece orientações para a concepção e o projeto de instalações de abastecimento de água visando a qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2005; HELLER; PÁDUA, 2010).

2.6 Utilização do software EPANET 2.0

Visando a melhoria da gestão dos sistemas de abastecimento de água, o uso de *softwares* se tornaram essenciais para uma operacionalização mais eficiente. Um dos programas mais utilizados no mundo para o dimensionamento hidráulico é o EPANET 2.0, que permite executar simulações estáticas e dinâmicas em redes de distribuição pressurizada, além de parâmetros de qualidade da água (GOMES, 2010; SILVA, 2014).

O EPANET 2.0 é um *software* de domínio público e de livre acesso desenvolvido pela agência estatal norte-americana *U.S. Environmental Protection Agency (EPA)* e adaptado para uso no Brasil pelo Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) (ROSSMAN, 2000). Segundo Gomes (2010):

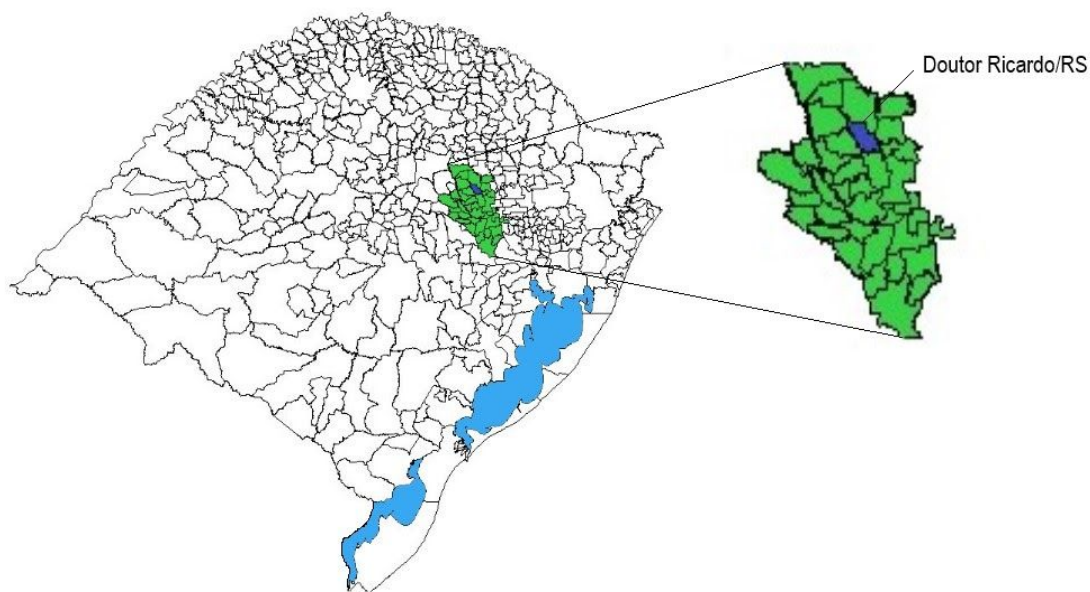
Entre as funcionalidades desse software estão as obtenções de valores de vazão em cada tubulação, de pressão em cada nó, de altura de água em cada reservatório, de nível variável e de concentração de espécies químicas através da rede, ajudando a analisar estratégias e alternativas de gestão, melhorando a qualidade da água do sistema (Gomes, 2010, p. 124).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O município de Doutor Ricardo localiza-se na encosta inferior do Nordeste da região Alta do Vale do Taquari, no estado do Rio Grande do Sul, fazendo divisa com os municípios de Anta Gorda, Relvado, Encantado, Muçum e Vespasiano Corrêa (FIGURA 7). Sua área é de aproximadamente 108 km², com altitude média de 481 metros, latitude de 29° 03'45" S e longitude de 51° 56'45" O. É banhado pelos rios Arroio Jacaré a oeste e pelo Rio Guaporé a leste (PREFEITURA MUNICIPAL DE DOUTOR RICARDO, 2020).

Figura 7 – Localização geográfica da cidade de Doutor Ricardo/RS.



Fonte: IBGE (2020), adaptado pelo autor.

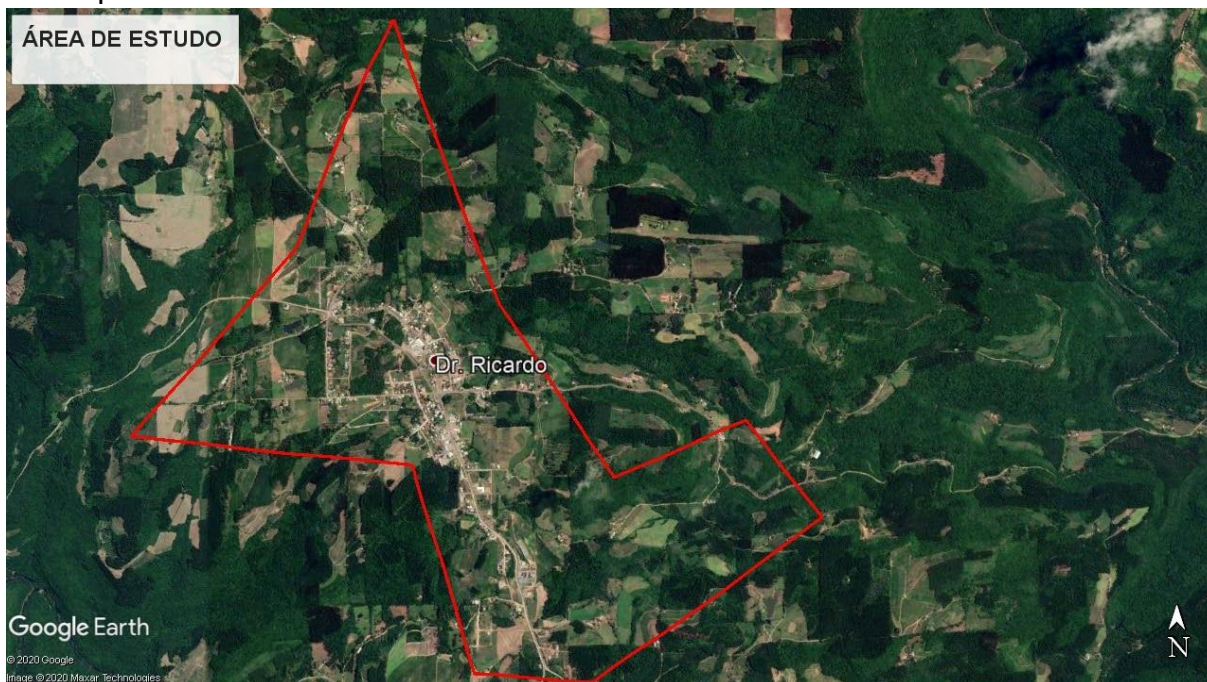
Segundo o IBGE, a população de Doutor Ricardo no último censo, realizado em 2010, era de 2030 habitantes, com densidade demográfica de 18,72 hab/km²,

estimando-se para 2020 uma população de 1975 pessoas. O número de habitantes residentes na zona urbana era de 693 pessoas, as demais 1337 residiam na área rural. Seu PIB em 2017 era de R\$ 25.195,69 per capita, tendo como principal atividade econômica a agricultura, com cultivo de milho, soja e fumo e produção de leite, aves e suínos, seguido pela indústria. Em 2010, 133 domicílios possuíam abastecimento de água de poço ou nascente, e 507 da rede geral (IBGE, 2010; PREFEITURA MUNICIPAL DE DOUTOR RICARDO, 2020).

3.2 Levantamento de dados

O levantamento de dados para o reconhecimento da área de estudo (FIGURA 8) foi realizado junto às Secretarias de Obras e Trânsito e de Administração e Planejamento do município de Doutor Ricardo, além do setor de Vigilância em Saúde, e da Defesa Civil. Os dados levantados dizem respeito aos consumidores atendidos, características dos mananciais, dos reservatórios e redes existentes.

Figura 8 – Delimitação da área de estudo, compreendendo a área urbana do município de Doutor Ricardo/RS.



Fonte: Google Earth Pro (2020), adaptado pelo autor.

Para realizar o diagnóstico das unidades do sistema, foram realizadas visitas aos poços e reservatórios do SAA urbano. As visitas foram acompanhadas pelo secretário de Obras e Trânsito do município, responsável pelo sistema. Para localização exata das unidades, contou-se com o auxílio de GPS. Foi realizado registro fotográfico para posterior análise das condições de cada poço e reservatório.

A análise das condições dos poços artesianos foi baseada na NBR 12212 (ABNT, 2017), que estabelece os requisitos para a elaboração de projeto de poço tubular para captação de água subterrânea, como segurança, espaço e facilidades na superfície. Em relação aos reservatórios, utilizou-se a NBR 12217 (ABNT, 1994), que fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público, como volume de reservação, material, medição e controle, entrada e saída de água, extravasor, cobertura, inspeção, ventilação e segurança, entre outros.

3.3 Mapeamento da rede de abastecimento de água

Para o mapeamento da rede atual foi utilizado um mapa disponibilizado pela Secretaria de Administração e Planejamento do município. O arquivo, executado em programa AutoCAD®, possui todas ruas e terrenos dos pontos consumidores. Este *software* é um programa desenvolvido pela empresa Autodesk amplamente utilizado para a execução de mapas topográficos planialtimétricos. Também foram obtidas informações com o responsável pela rede de abastecimento de água que forneceu todos os dados de diâmetro das tubulações, material e trajeto aproximado.

Com as informações coletadas foi possível realizar o desenho da rede atual sobre o arquivo disponibilizado, obtendo a extensão e lotes consumidores de cada trecho. A simbologia utilizada para o mapeamento das redes teve como base a utilizada pela CORSAN, conforme a Figura 9.

Figura 9 – Simbologia para representação em planta dos elementos da rede de abastecimento.

ABASTECIMENTO DE ÁGUA			
UNIDADES OPERACIONAIS			
	EXISTENTE	CONST. ATUAL	CONST. FUTURA
ELEVADO CIRCULAR			
ELEVADO RETANGULAR			
ENTERRADO/APOIADO CIRCULAR			
ENTERRADO/APOIADO RETANGULAR			
POÇO PROFUNDO			
ETA CONVENCIONAL			
ETA COMPACTA			
CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO			
ESTAÇÃO PITOMÉTRICA			
MACRO MEDIDOR			
ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA			
ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA			
REDE E PEÇAS ESPECIAIS			
	EXISTENTE	CONST. ATUAL	CONST. FUTURA
REDE PRINCIPAL			
REDE SECUNDÁRIA			
ADUTORA DE ÁGUA BRUTA			
REGISTRO ABERTO			
REGISTRO FECHADO			
REGISTRO DE DESCARGA			
REDUÇÃO			
HIDRANTE			
TANQUE DE ALIM. UNIDIRECIONAL			
CÂMARA HIDROPNEUMÁTICA			
VÁLV. REDUTORA DE PRESSÃO			
VÁLV. RETENÇÃO			
VÁLV. REGULADORA DE NÍVEL			
VÁLV. CONTROLE DE PRESSÃO			
VENTOSA			

Fonte: Corsan (2020).

3.3.1 Determinação das cotas do terreno

Para a obtenção das cotas planialtimétricas da rede, foi utilizado o *software* QGIS®, através da inserção da área de estudo pré demarcada no Google Earth Pro juntamente com dados geomorfométricos da região do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2020). Após a geração das curvas de nível, estas foram integradas ao arquivo em AutoCAD® com o desenho da rede.

O QGIS® é um *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) de acesso livre. Possui um layout intuitivo, permitindo visualizar, editar e analisar dados georreferenciados, além de criar mapas em diferentes projeções a partir de camadas

vetoriais e/ou raster. As informações geradas podem ser integradas a outros programas para análises que forem necessárias.

3.4 Projeção populacional

Para o cálculo da projeção da população atual foi levado em conta o número de lotes consumidores do mapa em AutoCAD® disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Doutor Ricardo. Para determinação dos lotes ocupados foi realizada análise comparativa através do Google Earth Pro tendo a imagem mais atualizada por satélite. O cálculo do número médio de habitantes por lote consumidor foi obtido dividindo a população da área urbana segundo o Censo de 2010 pelo número de lotes habitados. Ao valor encontrado foi adicionado mais um habitante por lote, considerando que os dados de 2010 encontram-se defasados, resultando no número de 3 habitantes por lote.

Para o cálculo da projeção da população futura, serão contabilizados também os lotes não ocupados atualmente presentes no mapa. Será mantida a média de 3 habitantes por lote consumidor, considerando que o aumento da população urbana será semelhante a ocupação dos lotes.

3.5 Determinação da reserva necessária para a área urbana

O volume de reservação que irá atender as demandas de consumo deve ser um terço do volume distribuído, considerando a adução contínua de 24 horas. O mesmo é obtido através da Equação 1:

$$V_{RSV} = \frac{1}{3} \cdot Q \cdot 86400 \quad (1)$$

Sendo:

V = volume (m³);

Q = vazão (m^3/s), obtida através da Equação 2, considerando apenas o coeficiente K_1 :

$$Q = \frac{P \cdot q}{3600 \cdot h} \cdot k_1 \quad (2)$$

3.6 Determinação das vazões de distribuição

A determinação das vazões de distribuição por lotes (fator de consumo) foi dada através do cálculo da vazão máxima de distribuição em 24 horas, sendo que no Brasil, segundo a NBR 12218 (ABNT, 2017), para os coeficientes K_1 e K_2 , utiliza-se respectivamente os valores 1,2 e 1,5. A vazão máxima é obtida através da Equação 3:

$$Q = \frac{P \cdot q}{3600 \cdot h} \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (3)$$

Sendo:

Q = vazão máxima (L/s);

P = população a ser abastecida;

q = consumo per capita (L/hab.dia);

K_1 = coeficiente diário de maior consumo;

K_2 = coeficiente horário de maior consumo;

h = número de horas de desempenho dos elementos do sistema.

3.7 Simulação hidráulica

Para a simulação hidráulica da rede de abastecimento de água foi utilizado o programa EPANET 2.0®. Este *software* executa simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água em redes pressurizadas de

distribuição de água, colaborando com as análises dos sistemas de distribuição, aprimorando os conhecimentos sobre os transportes e destinos dos elementos da água para consumo humano (SILVA, 2014).

Com os dados obtidos através do desenho da rede no mapa em AutoCAD® e seus respectivos trechos, nós e reservatórios, foi realizado o desenho no EPANET, bem como foram inseridas as características da rede e dados topográficos. Nos trechos foram cadastrados seus comprimentos, diâmetros e rugosidade da tubulação. Para os nós, foi inserido a cota planialtimétrica e consumidores. Quanto aos reservatórios inseriu-se a cota, altura de água inicial, altura de água máxima e diâmetro. A partir destas informações, foram obtidos os valores de perda de carga, velocidade e vazão em cada trecho, altura de água em cada reservatório, e da carga hidráulica e pressão em cada nó ao longo do tempo, considerando a oscilação da demanda dos nós.

Para os cálculos de perda de carga, realizados dentro do EPANET 2.0, foi utilizada a equação de Hazen-Williams (EQUAÇÃO 4), considerando as seguintes unidades de medida: diâmetros das tubulações em milímetros (mm), comprimentos em metros (m), vazões em litros por segundo (L/s), perdas de carga em metros por quilômetro (m/km), pressões em metros de coluna d'água (mca) e velocidades em metros por segundo (m/s).

$$hf = 10,65.Q^{1,85}.C^{-1,85}.D^{-4,87} \quad (4)$$

Sendo:

hf = perda de carga unitária (m/km);

Q = vazão (m³/s);

C = coeficiente de rugosidade;

D = diâmetro da tubulação (mm).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

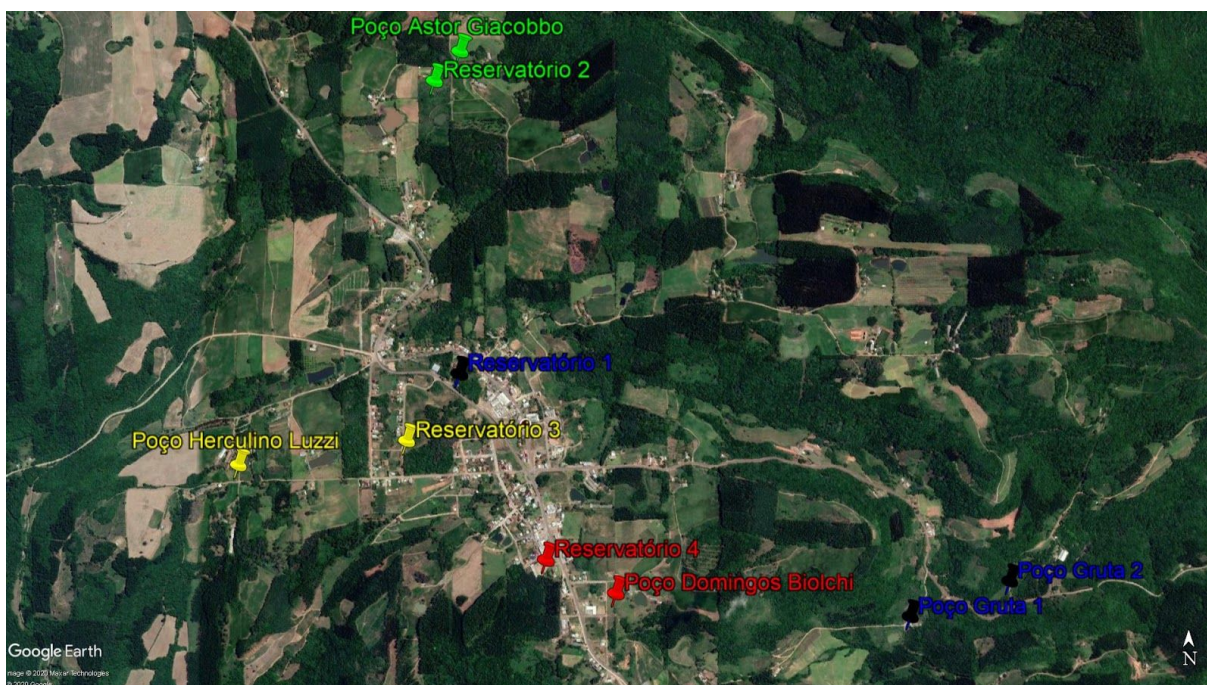
4.1 Caracterização e diagnóstico do sistema de abastecimento de água

O SAA urbano do município de Doutor Ricardo é gerenciado pela própria Prefeitura Municipal, através das Secretarias de Obras e Trânsito e de Administração e Planejamento. No entanto, não há nenhum mapeamento e dimensionamento deste sistema atualmente, o que segundo Andrade Sobrinho e Borja (2013) dificultaria sua gestão, operacionalização e manutenção, uma vez que não permite realizar o controle de perdas, podendo resultar em desperdício de água e recursos públicos.

4.1.1 Diagnóstico do manancial e poços artesianos

O manancial utilizado pelo sistema existente é subterrâneo por captação feita através de poços artesianos. O sistema possui 5 poços que abastecem 4 reservatórios, conforme a Figura 10. Os poços do SAA e suas características são apresentados na sequência.

Figura 10 – Localização dos poços artesianos e seus respectivos reservatórios.



Fonte: Google Earth Pro (2020), adaptado pelo autor.

O Poço Gruta 1 localiza-se na Linha Gruta, nas coordenadas 29°05'46.19" S e 51°58'23.27" O, possui a profundidade de 130 metros, com vazão de 8 m³ por hora, e extração diária de 60 m³. A água proveniente deste poço é aduzida por uma tubulação de PVC de 50 mm de diâmetro, juntando-se a água proveniente do Poço Gruta 2 em uma tubulação de PVC de 75 mm até o Reservatório 1.

O poço encontra-se em local plano, com boa acessibilidade e espaço físico e livre de fontes de poluição (FIGURA 11). Conta também com um perímetro de proteção sanitária devido ao seu cercamento, no entanto estava com portões abertos e vegetação alta, além da caixa das chaves de energia estar danificada e sujeita a desligamento por terceiros. Não há casa de química, pois o tratamento da água é feito junto ao reservatório. Como há algumas desconformidades, este poço não está de acordo com a NBR 12212 (ABNT, 2017), que trata condições de segurança, disponibilidade de espaço e facilidades na superfície para instalação de um poço artesiano.

Figura 11 – Situação do Poço Gruta 1.



Fonte: Do autor (2020).

O Poço Gruta 2 também localiza-se na Linha Gruta, nas coordenadas 29°05'41.53" S e 51°58'07.17" O, possui a profundidade de 140 metros, com vazão de 10 m³ por hora, e extração diária de 70 m³. A água proveniente deste poço é aduzida por uma tubulação de PVC de 50 mm de diâmetro, juntando-se a água proveniente do Poço Gruta 1 em uma tubulação de PVC de 75 mm até o Reservatório 1.

Este poço também encontra-se em local plano, com boa acessibilidade e espaço físico e livre de fontes de poluição, conforme a Figura 12. Apesar de haver cercamento para perímetro de proteção sanitária, os portões estavam abertos e a vegetação alta. Como o tratamento da água é feito junto ao reservatório, não havia casa de química. Portanto, este poço está em desconformidade com a NBR 12212 (ABNT, 2017).

Figura 12 – Situação do Poço Gruta 2.



Fonte: Do autor (2020).

O Poço Astor Giacobbo localiza-se na rua Armindo Giacobbo, Centro, nas coordenadas 29°04'30.46" S e 51°59'32.92" O, possui profundidade de 340 metros, com vazão de 2 m³ por hora, e extração diária de 26 m³. A água proveniente deste poço é aduzida por uma tubulação de PEAD de 50 mm de diâmetro até o Reservatório 2.

O poço encontra-se em local plano, com boa acessibilidade e espaço físico, porém fica dentro de uma área de pastagem agrícola, que constitui fonte de poluição, conforme a Figura 13. Também não há um perímetro de proteção sanitária e seu cercamento é feito somente por um fio, o mesmo que delimita a pastagem. Junto ao poço fica localizada a casa de química para o tratamento da água, em estrutura de alvenaria e fechada. Pelos pontos inadequados, o poço não está de acordo com a NBR 12212 (ABNT, 2017).

Figura 13 – Situação do Poço Astor Giacobbo.



Fonte: Do autor (2020).

O Poço Herculino Luzzi, localizado na Rua Quatro (Estrada Lizangon) nas coordenadas 29°05'24.89" S e 52°00'07.12" O, possui a profundidade de 120 metros, com vazão de 2,5 m³ por hora, e extração diária de 10 m³. A água proveniente deste poço é aduzida por uma tubulação de PVC de 50 mm de diâmetro até o Reservatório 3.

Este poço encontra-se em local plano, com boa acessibilidade e espaço físico e livre de fontes de poluição, conforme a Figura 14. Conta também com um perímetro de proteção sanitária devido ao seu cercamento, no entanto estava com portões abertos e vegetação alta, além da caixa das chaves de energia estar danificada e sujeita a desligamento por terceiros. Junto ao poço fica localizada a casa de química para o tratamento da água, em estrutura de alvenaria e fechada. Devido às inadequações encontradas, este poço fica em desacordo com a NBR 12212 (ABNT, 2017).

Figura 14 – Situação do Poço Herculino Luzzi.



Fonte: Do autor (2020).

O Poço Domingos Biolchi, localizado na área central do município nas coordenadas 29°05'41.96" S e 51°59'09.53" O, possui a profundidade de 136 metros, com vazão de 2,5 m³ por hora, e extração diária de 24 m³. A água proveniente deste poço é aduzida por uma tubulação de PVC de 50 mm de diâmetro até o Reservatório 4.

O poço Domingos Biolchi encontra-se em local plano, com boa acessibilidade e espaço físico e livre de fontes de poluição, conforme a Figura 15. Conta com cercamento, o que constitui perímetro de proteção sanitária, porém os portões estavam abertos e a vegetação alta. Junto ao poço fica localizada a casa de química para o tratamento da água, em estrutura de alvenaria e fechada. Como há pontos desconformes, este poço não fica de acordo com a NBR 12212 (ABNT, 2017).

Figura 15 – Situação do Poço Domingos Biolchi.



Fonte: Do autor (2020).

Vale ressaltar que todos os poços possuem laje de proteção e os cavaletes são dotados de torneira para coleta de amostra de água, adequando-se a NBR 12212 (ABNT, 2017). No entanto, não há bombas reservas nem gerador caso haja interrupção de energia ou queima de alguma bomba, o que poderá afetar o abastecimento de água do sistema.

Observando os problemas identificados nos poços artesianos, caracterizando descumprimento da norma, é possível afirmar que os mesmos não são tão graves, sendo que uma manutenção corretiva, seguida de manutenção preventiva, poderia resolvê-los. Segundo Tsutiya (2006), esta manutenção é fundamental para evitar paralisações abruptas no abastecimento e também alterações na qualidade da água.

4.1.2 Diagnóstico dos reservatórios

O sistema de abastecimento atual possui 4 reservatórios de montante, sendo que cada um deles reserva a água dos poços, para o posterior abastecimento dos consumidores. As características dos reservatórios são apresentadas abaixo.

O Reservatório 1 (FIGURA 16) está localizado na rodovia RS 332, km 21, Centro, na propriedade de Nadir Sucolottii, nas coordenadas 29°05'12.70" S e 51°59'33.20" O e na cota planialtimétrica de 502 m. O reservatório possui as dimensões (comprimento x largura x altura) de 8 x 5 x 3 m, possuindo a capacidade de reservação de 120 m³, com água proveniente dos poços Gruta 1 e Gruta 2, sendo do tipo apoiado e de concreto armado. Junto a ele fica a casa química para o tratamento da água.

Observando a NBR 12217 (ABNT, 1994), que estabelece as condições exigíveis para projeto de reservatório de distribuição de água, o Reservatório 1 está inadequado quanto à proteção contra a entrada de pessoas não autorizadas e para evitar contaminação, ficando em uma área de mata de livre acesso (FIGURA 17). Além disso, a escada não possui meio que impeça a subida de terceiros.

Figura 16 – Área de abastecimento do Reservatório 1.



Fonte: Google Earth Pro (2020), adaptado pelo autor.

Figura 17 – Situação do Reservatório 1.

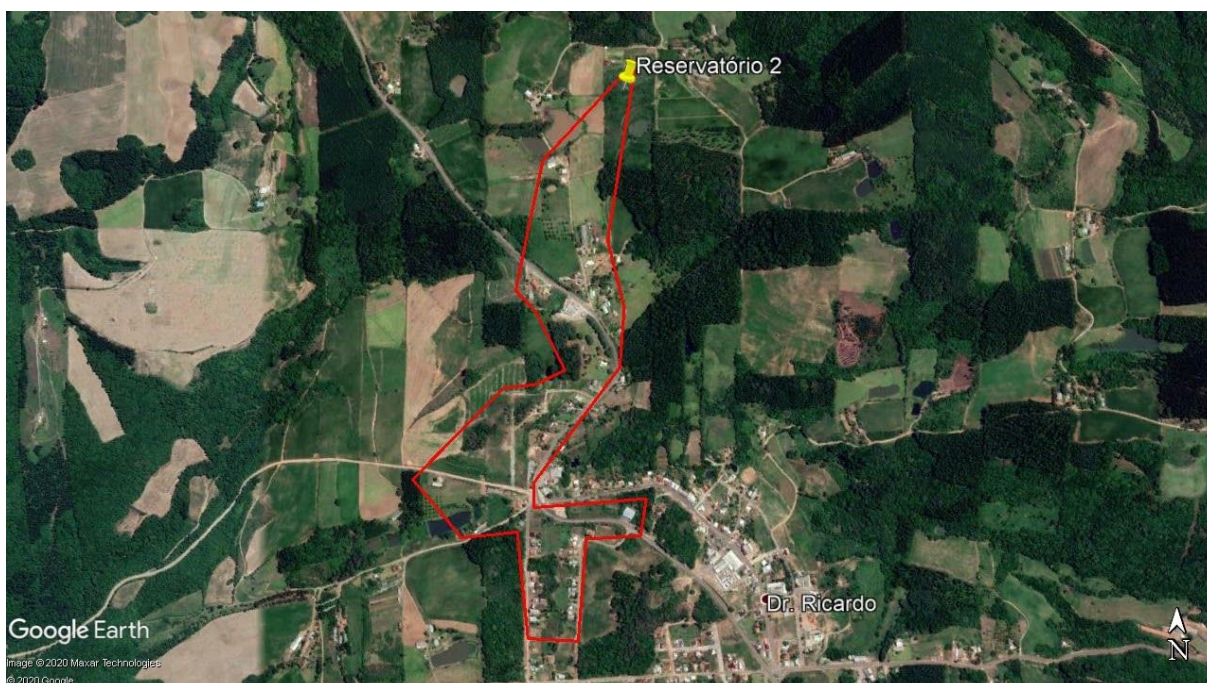


Fonte: Do autor (2020).

O Reservatório 2 (FIGURA 18) localiza-se na Rua Armindo Giacobbo, na propriedade de Itacir Giacobbo, nas coordenadas 29°04'34.33" S e 51°59'36.71" O e cota planialtimétrica de 540 m. O reservatório possui diâmetro de 2,5 m e altura de água máxima de 3,5 m, com capacidade de reservação de 20 m³ e água proveniente do poço Astor Giacobbo, sendo do tipo apoiado e de fibra.

Seguindo as especificações da NBR 12217 (ABNT 1994), o Reservatório 2 não está protegido contra acesso de pessoas não autorizadas e encontra-se em local de difícil acesso, através de uma trilha, em meio a vegetação de reflorestamento (FIGURA 19), o que dificulta sua manutenção. Possui uma escada de acesso apoiada no reservatório e sem barreira de proteção quanto a subida de pessoas sem autorização, o que também não é recomendado.

Figura 18 – Área de abastecimento do Reservatório 2.



Fonte: Google Earth Pro (2020), adaptado pelo autor.

Figura 19 – Situação do Reservatório 2.



Fonte: Do autor (2020).

O Reservatório 3 (FIGURA 20) está localizado na Rua Décimo Sonda, Centro nas coordenadas $29^{\circ}05'21.55''$ S e $51^{\circ}59'41.20''$ O e cota planialtimétrica de 496 m. O reservatório possui diâmetro de 2,5 m e altura de água máxima de 3,5 m e

capacidade de reservação de 20 m³ e água proveniente do poço Herculino Luzzi, sendo do tipo apoiado e de fibra.

No Reservatório 3 também não há proteção, ficando em local de fácil acesso, inclusive para pessoas não autorizadas. Além de não possuir escada no local, está apoiado sobre um pequeno barranco sujeito a desmoronamento em caso de chuvas intensas, conforme a Figura 21. Nestes pontos o reservatório está em desacordo com a NBR 12217 (ABNT 1994).

Figura 20 – Área de abastecimento do Reservatório 3.



Fonte: Google Earth Pro (2020), adaptado pelo autor.

Figura 21 – Situação do Reservatório 3.

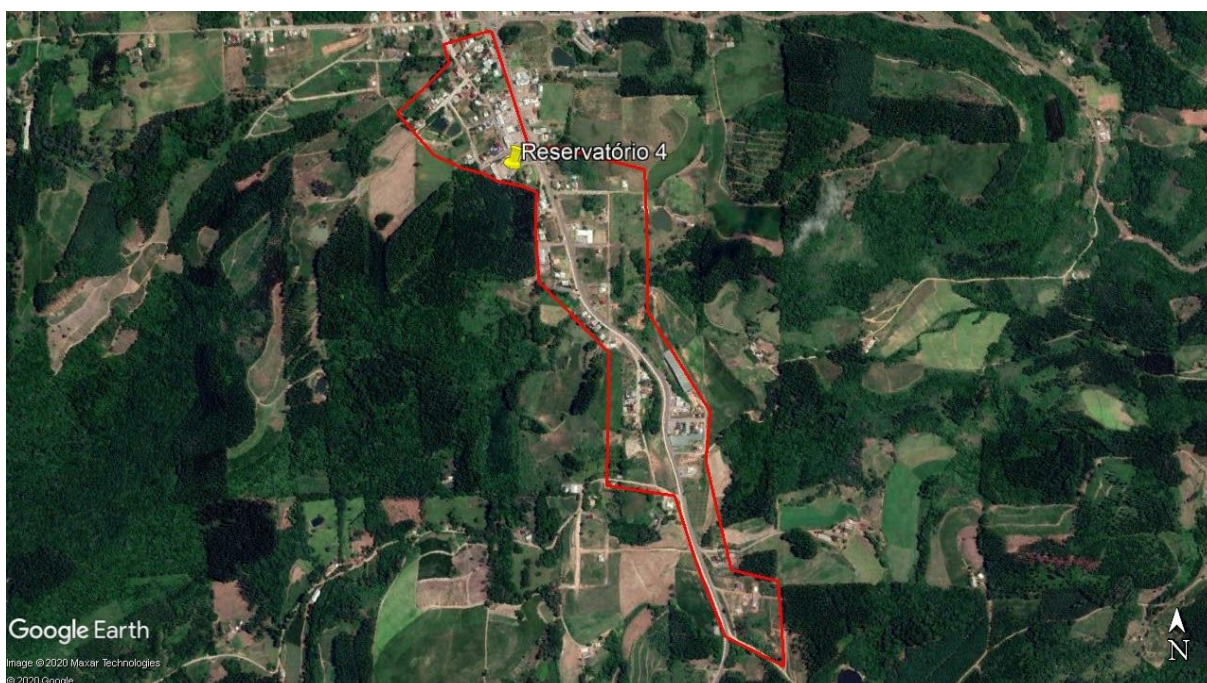


Fonte: Do autor (2020).

O Reservatório 4 (FIGURA 22) localiza-se na rodovia RS 332, Km 21, nº 3699, nas dependências do Centro Administrativo Municipal, nas coordenadas 29°05'37.37" S e 51°59'20.16" O e cota planialtimétrica de 494 m. O reservatório possui diâmetro de 2,5 m e altura de água máxima de 3,5 m, com capacidade de reservação de 20 m³ e água proveniente do poço Domingos Biolchi, sendo do tipo elevado com 12 m de altura, e de fibra.

Por estar nas dependências da Prefeitura Municipal, o Reservatório 4 encontra-se protegido e possui escada com guarda-corpo (FIGURA 23). Este reservatório não está totalmente em acordo com o que é recomendado pela NBR 12217 (ABNT 1994) devido a ausência de sinalização luminosa e para-raios.

Figura 22 – Área de abastecimento do Reservatório 4.



Fonte: Google Earth Pro (2020), adaptado pelo autor.

Figura 23 – Situação do Reservatório 4.



Fonte: Do autor (2020).

Todos os reservatórios possuem extravasor, cobertura, área de inspeção e ventilação protegida com tela, como recomenda a NBR 12217 (ABNT, 1994). A

limpeza dos reservatórios, que é fundamental para garantia da potabilidade da água, é realizada periodicamente por empresa terceirizada. Sendo o reservatório uma unidade crucial para garantia da qualidade da água, erros operacionais como falhas na limpeza, falta de manutenção no perímetro sanitário e na estrutura, bem como falta de segurança dos reservatórios contra o acesso de pessoas não autorizadas, pode levar a contaminação da água tratada (BRASIL, 2006).

4.1.3 Alternativas para adequação dos problemas nos poços artesianos e reservatórios

Conforme observado, as instalações dos poços artesianos e reservatórios apresentam inúmeras irregularidades. Para solucioná-las, são propostas algumas alternativas que deixariam estas unidades do sistema em acordo com as normas.

Para os poços artesianos, deve ser feita uma limpeza periódica no terreno na sua área interna e externa, para conter o crescimento da vegetação e aparecimento de animais peçonhentos que poderiam causar riscos aos trabalhadores. Além disso, o Poço Astor Giacobbo, que não conta com perímetro de proteção sanitária cercado como pede a NBR 12212 (ABNT, 2017), deve ser provido de cerca com portões trancados, delimitando sua área fora da pastagem onde se encontra. Já os que possuem cercamento, este poderia ser substituído por um novo cercamento com altura maior, e os portões também devem ser chaveados, para evitar a entrada de pessoas sem autorização. Quanto as caixas das chaves de energia quebradas, propõe-se a substituição das mesmas por novas caixas, para que não ocorram problemas de desligamento.

Em relação aos reservatórios, o primeiro passo diz respeito ao acesso, sendo que para o Reservatório 1 é necessário melhorá-lo, e o Reservatório 2 deve ter um acesso criado, uma vez que atualmente está em local inacessível. Já o Reservatório 3 deve ser posicionado em um local mais plano, sem risco de deslizamentos. Quanto ao Reservatório 4, deve receber sinalização luminosa e para-raios, por ser

do tipo elevado. Os reservatórios 1, 2 e 3 devem receber cercamento contra o acesso de pessoas não autorizadas, além de limpeza e manutenção do terreno. Sobre as escadas externas, a do Reservatório 1 precisa de proteção no início que impeça a subida de terceiros, a do Reservatório 2, além da proteção, não deve ser apoiada, e sim fixada na base e no topo, e o Reservatório 3 deve contar com uma escada fixada na base e no topo e com proteção no início.

4.2 Análise da vazão e da capacidade de reservação do sistema atual

Na análise da vazão atual dos poços foi utilizada a Equação 2, que considera a população atendida (P) por cada poço, o consumo per capita (q) de 200 L/hab.dia, o coeficiente de maior consumo (K_1) fixado em 1,2, e o número de horas de desempenho do sistema de 24h. Os resultados da vazão atual e vazão necessária são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados das vazões atual e necessária.

Poço	População atendida (hab.)	Vazão atual (L/s)	Vazão necessária (L/s)
Gruta 1	456	2,22	1,27
Gruta 2		2,78	
Astor Giacobbo	162	0,56	0,45
Herculino Luzzi	99	0,69	0,27
Domingos Biolchi	393	0,69	1,09

Fonte: Do autor (2020).

Conforme a análise, foi observado que a vazão atual dos poços Gruta 1, Gruta 2, Astor Giacobbo e Herculino Luzzi atendem a vazão necessária para abastecimento do sistema. Já no poço Domingos Biolchi há a necessidade de uma interligação ou perfuração de mais um poço para atender a demanda atual.

É importante que a vazão dos poços seja suficiente para garantir o volume de reservação, que por sua vez deve ser capaz de suprir a demanda de distribuição,

mantendo as pressões na rede, e dar continuidade ao abastecimento caso ocorram condições de emergência que levem à interrupção da produção de água, como problemas na adução ou falta de energia elétrica. Além disso, deve também garantir uma reserva de incêndio (TSUTIYA, 2006; HELLER; PÁDUA, 2010).

Para a análise da capacidade de reservação do sistema atual, que visa encontrar os volumes necessários para atender as demandas de consumo, foi utilizada a Equação 1, utilizando-se a vazão necessária acima calculada e levando em consideração o coeficiente de maior consumo (K_1), com seu valor fixado em 1,2. Os dados da reservação necessária para atender a população atual são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados das reservações atual e necessária.

Reservatório	População atendida (hab.)	Vazão (L/s)	Capacidade de reservação atual (m³)	Capacidade de reservação necessária (m³)
Reservatório 1	456	1,27	120	37
Reservatório 2	162	0,45	20	13
Reservatório 3	99	0,27	20	8
Reservatório 4	393	1,09	20	32

Fonte: Do autor (2020).

Conforme observado, os Reservatórios 1, 2 e 3 possuem capacidade de reservação adequada para a população atual. Apenas o Reservatório 4 apresenta volume de reservação menor, pois o mesmo deve ser $\frac{1}{3}$ do volume distribuído. Assim, faltariam 12 m³ para atender o disposto pela NBR 12217 (ABNT, 1994).

Para melhoria da capacidade de reservação do Reservatório 4 visando atender aos critérios de distribuição, o ideal seria a colocação de mais um reservatório com volume igual ou superior ao existente. Este reservatório poderia ser do tipo apoiado, aduzindo a água para o reservatório elevado, colocando-se como uma estratégia mais econômica do que a instalação de outro reservatório elevado.

Além disso, o Reservatório 1 possui um volume de reservação bastante elevado, resultando em um tempo de detenção hidráulica maior. Devido a isso poderá ocorrer deterioração da qualidade da água, pois favorece o crescimento de bactérias e formação de substâncias prejudiciais (TSUTIYA, 2006; HELLER; PÁDUA, 2010).

4.3 Diagnóstico inicial da rede de abastecimento do sistema atual

4.3.1 Resultados do mapeamento em AutoCAD

Com análise do mapeamento realizado no *software* AutoCAD®, conforme o mapa em APÊNDICE A, foram obtidos 90 trechos e nós e 370 lotes consumidores na rede, com 1110 habitantes considerando a média de 3 habitantes por lote. A rede é do tipo ramificada, possuindo extensão total de 13508 metros, com tubulações de PVC e PEAD, cujos diâmetros variam entre 25 e 60 mm, e cotas planialtimétricas variando de 445 a 512 m. As características da rede como trecho, diâmetro, material, extensão, lotes consumidores, nós e cota para cada nó estão representadas nas tabelas abaixo.

Na rede do Reservatório 1 (TABELA 4) foram encontrados 26 trechos e nós, com diâmetros de tubulações entre 25 e 50 mm em PVC, totalizando uma extensão de 3985 m, 152 lotes consumidores e 456 habitantes. A cota planialtimétrica do terreno variou de 465 a 500 m.

Tabela 4 – Características da rede de abastecimento do Reservatório 1.

Trecho	Diâmetro (mm)	Material	Extensão (m)	Lotes consumidores	Nós	Cota (m)
1.1-1	32	PVC	448	14	N1.1-1	478
1.1-2	40	PVC	122	2	N1.1-2	465
1.1-3	40	PVC	190	7	N1.1-3	465
1.1-4	40	PVC	79	2	N1.1-4	470

(Continua...)

(Continuação)

1.1-5	25	PVC	391	16	N1.1-5	482
1.1-6	25	PVC	113	1	N1.1-6	468
1.1-7	25	PVC	150	5	N1.1-7	468
1.1-8	40	PVC	198	7	N1.1-8	472
1.1-9	50	PVC	76	20	N1.1-9	478
1.1-10	25	PVC	70	5	N1.1-10	487
1.1-11	50	PVC	23	0	N1.1-11	480
1.1-12	25	PVC	73	2	N1.1-12	470
1.1-13	50	PVC	82	3	N1.1-13	482
1.1-14	25	PVC	116	2	N1.1-14	470
1.1-15	50	PVC	69	4	N1.1-15	486
1.1-16	25	PVC	51	2	N1.1-16	491
1.1-17	50	PVC	56	2	N1.1-17	487
1.1-18	25	PVC	347	23	N1.1-18	465
1.1-19	25	PVC	8	1	N1.1-19	470
1.1-20	25	PVC	58	1	N1.1-20	472
1.1-21	25	PVC	74	2	N1.1-21	470
1.1-22	25	PVC	93	5	N1.1-22	470
1.1-23	50	PVC	182	2	N1.1-23	487
1.2-1	50	PVC	27	0	N1.2-1	496
1.2-2	25	PVC	362	7	N1.2-2	490
1.2-3	50	PVC	527	17	N1.2-3	496

Fonte: Do autor (2020).

Na rede do Reservatório 2 (TABELA 5) foram encontrados 14 trechos e nós, com diâmetros de tubulações entre 25 e 60 mm em PVC, totalizando uma extensão

de 2866 m, 54 lotes consumidores e 162 habitantes. A cota planialtimétrica do terreno variou de 495 a 512 m.

Tabela 5 – Características da rede de abastecimento do Reservatório 2.

Trecho	Diâmetro (mm)	Material	Extensão (m)	Lotes consumidores	Nós	Cota (m)
2-1	25	PVC	259	2	N2-1	508
2-2	25	PVC	20	0	N2-2	505
2-3	25	PVC	186	12	N2-3	510
2-4	25	PVC	51	2	N2-4	500
2-5	32	PVC	136	2	N2-5	500
2-6	40	PVC	273	11	N2-6	495
2-7	50	PVC	130	1	N2-7	495
2-8	50	PVC	20	1	N2-8	500
2-9	32	PVC	253	2	N2-9	503
2-10	50	PVC	322	6	N2-10	497
2-11	60	PVC	189	2	N2-11	512
2-12	50	PVC	291	5	N2-12	501
2-13	25	PVC	136	2	N2-13	510
2-14	50	PVC	600	6	N2-14	510

Fonte: Do autor (2020).

Na rede do Reservatório 3 (TABELA 6) foram encontrados 19 trechos e nós, com diâmetros de tubulações entre 25 e 40 mm em PVC, totalizando uma extensão de 1540 m, 33 lotes consumidores e 99 habitantes. A cota planialtimétrica do terreno variou de 445 a 490.

Tabela 6 – Características da rede de abastecimento do Reservatório 3.

Trecho	Diâmetro (mm)	Material	Extensão (m)	Lotes consumidores	Nós	Cota (m)
3-1	40	PVC	74	3	N3-1	453
3-2	32	PVC	53	1	N3-2	445
3-3	40	PVC	95	1	N3-3	450
3-4	40	PVC	184	1	N3-4	450
3-5	40	PVC	61	0	N3-5	457
3-6	25	PVC	25	1	N3-6	462
3-7	40	PVC	56	0	N3-7	460
3-8	40	PVC	55	1	N3-8	470
3-9	25	PVC	59	2	N3-9	485
3-10	40	PVC	128	7	N3-10	475
3-11	25	PVC	43	1	N3-11	470
3-12	25	PVC	63	3	N3-12	490
3-13	40	PVC	126	1	N3-13	480
3-14	40	PVC	181	0	N3-14	473
3-15	25	PVC	87	3	N3-15	490
3-16	25	PVC	16	1	N3-16	483
3-17	25	PVC	126	6	N3-17	483
3-18	40	PVC	7	0	N3-18	481
3-19	40	PVC	101	1	N3-19	481

Fonte: Do autor (2020).

Na rede do Reservatório 4 (TABELA 7) foram encontrados 31 trechos e nós, com diâmetros de tubulações entre 25 e 60 mm em PVC e PEAD, totalizando uma extensão de 5117 m, 131 lotes consumidores e 393 habitantes. A cota planialtimétrica do terreno variou de 430 a 483 m.

Tabela 7 – Características da rede de abastecimento do Reservatório 4.

Trecho	Diâmetro (mm)	Material	Extensão (m)	Lotes consumidores	Nós	Cota (m)
4.1-1	50	PEAD	232	0	N4.1-1	480
4.1-2	40	PVC	310	7	N4.1-2	483
4.1-3	25	PVC	117	1	N4.1-3	462
4.1-4	40	PVC	18	0	N4.1-4	450
4.1-5	50	PEAD	470	3	N4.1-5	446
4.1-6	40	PVC	139	3	N4.1-6	440
4.1-7	25	PVC	35	0	N4.1-7	433
4.1-8	25	PVC	31	2	N4.1-8	430
4.1-9	40	PVC	99	3	N4.1-9	430
4.1-10	50	PEAD	325	3	N4.1-10	460
4.1-11	25	PVC	112	4	N4.1-11	457
4.1-12	50	PEAD	235	0	N4.1-12	460
4.1-13	25	PVC	82	1	N4.1-13	462
4.1-14	50	PEAD	145	2	N4.1-14	470
4.1-15	25	PVC	92	2	N4.1-15	462
4.1-16	25	PVC	176	2	N4.1-16	465
4.1-17	50	PEAD	147	4	N4.1-17	465
4.1-18	50	PEAD	100	6	N4.1-18	475
4.1-19	50	PEAD	82	5	N4.1-19	478
4.2-1	60	PVC	275	5	N4.2-1	455
4.2-2	40	PVC	184	8	N4.2-2	478
4.2-3	50	PEAD	325	9	N4.2-3	465
4.2-4	25	PVC	55	1	N4.2-4	478
4.2-5	50	PEAD	307	2	N4.2-5	470

(Continua...)

(Continuação)

4.3-1	25	PVC	150	8	N4.3-1	473
4.3-2	25	PVC	53	3	N4.3-2	468
4.3-3	25	PVC	300	11	N4.3-3	455
4.3-4	40	PVC	129	18	N4.3-4	470
4.3-5	25	PVC	26	11	N4.3-5	479
4.3-6	40	PVC	65	1	N4.3-6	475
4.3-7	50	PEAD	301	6	N4.3-7	475

Fonte: Autor (2020).

4.3.2 Resultados da simulação hidráulica no EPANET 2.0

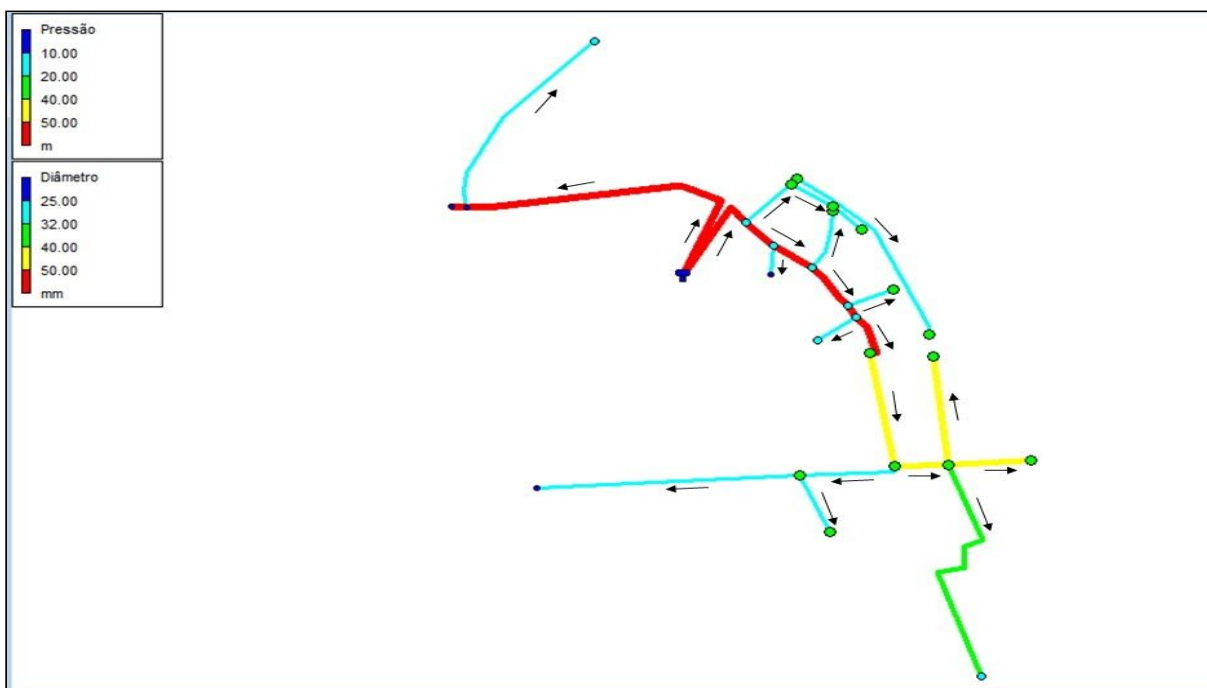
Com as redes de abastecimento desenhadas no EPANET 2.0, foram inseridas informações como diâmetro da tubulação, coeficiente de rugosidade de 140 para PVC e 150 para PEAD, segundo Azevedo Netto (2015), extensões dos trechos, lotes consumidores, fator de consumo de 0,0125 L/s, calculado a partir da Equação 3 – Vazão de distribuição por lote, cota planialtimétrica e altura de água, diâmetro e cota dos reservatórios, para a realização da simulação hidráulica para as redes de cada reservatório. Os resultados de pressão e velocidade podem ser vistos na sequência. Os resultados completos de todos os nós e trechos com os valores de consumo, carga hidráulica, pressão, vazão, velocidade e perda de carga estão representados no Apêndice B.

Para o cálculo da vazão de distribuição por lote, foram considerados a população (P) de 3 habitantes por lote consumidor e consumo per capita (q) de 200L/hab.dia, além dos coeficientes K_1 e K_2 1,2 e 1,5, respectivamente, e número de horas de desempenho de 24h.

Segundo a NBR 12218 (ABNT, 2017), a pressão mínima em cada nó não deve ser inferior a 10 mca e superior a 50 mca no final de cada um dos trechos para não afetar as características da água e rompimentos em tubulações. Na simulação

realizada na rede do Reservatório 1 foram encontrados 4 nós (N1.1-5, N1.1-16, N1.2-1, N1.2-3) com pressões abaixo do recomendado (8,06, 9,50, 7,61 e 7,61 mca, respectivamente), conforme a Figura 24.

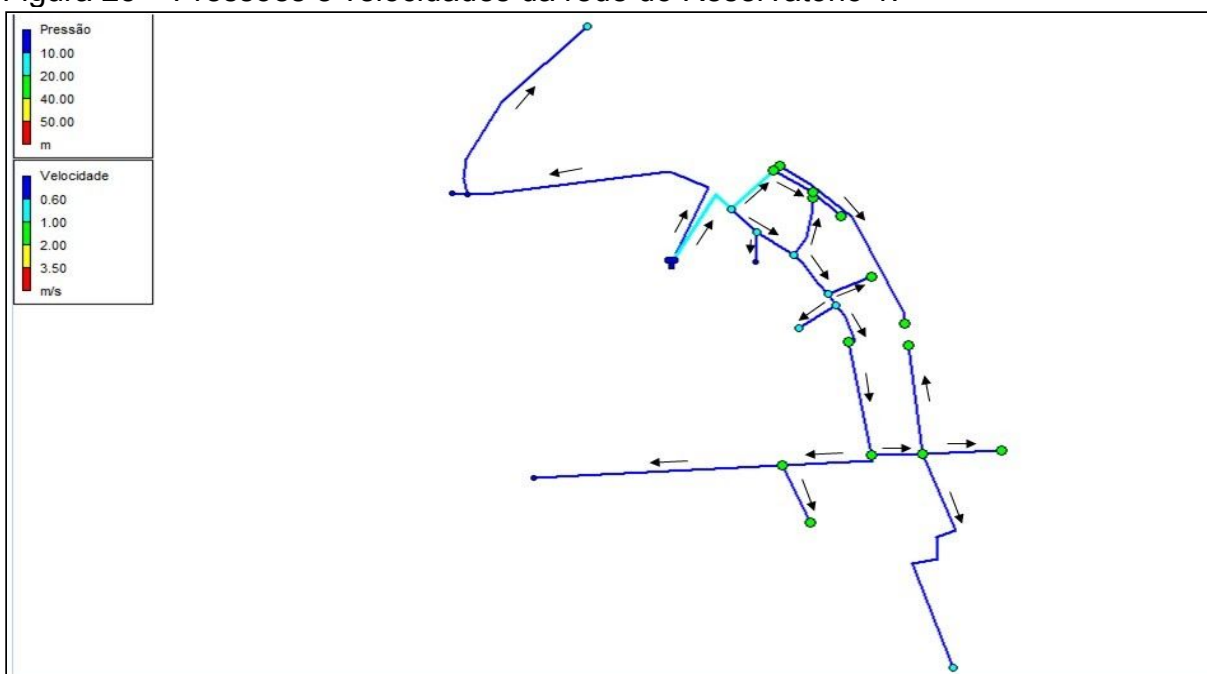
Figura 24 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 1.



Fonte: Do autor (2020).

Também foram encontrados problemas com a velocidade na maioria dos trechos (FIGURA 25), sendo que a NBR 12218 (ABNT, 2017) recomenda uma velocidade mínima de 0,6 m/s para que sempre haja circulação de água na rede e para que ela não chegue ao destino final com alterações em sua qualidade, assim como não ultrapasse a velocidade máxima de 3,5 m/s para não ocorrerem danos devido ao excesso de pressão causado.

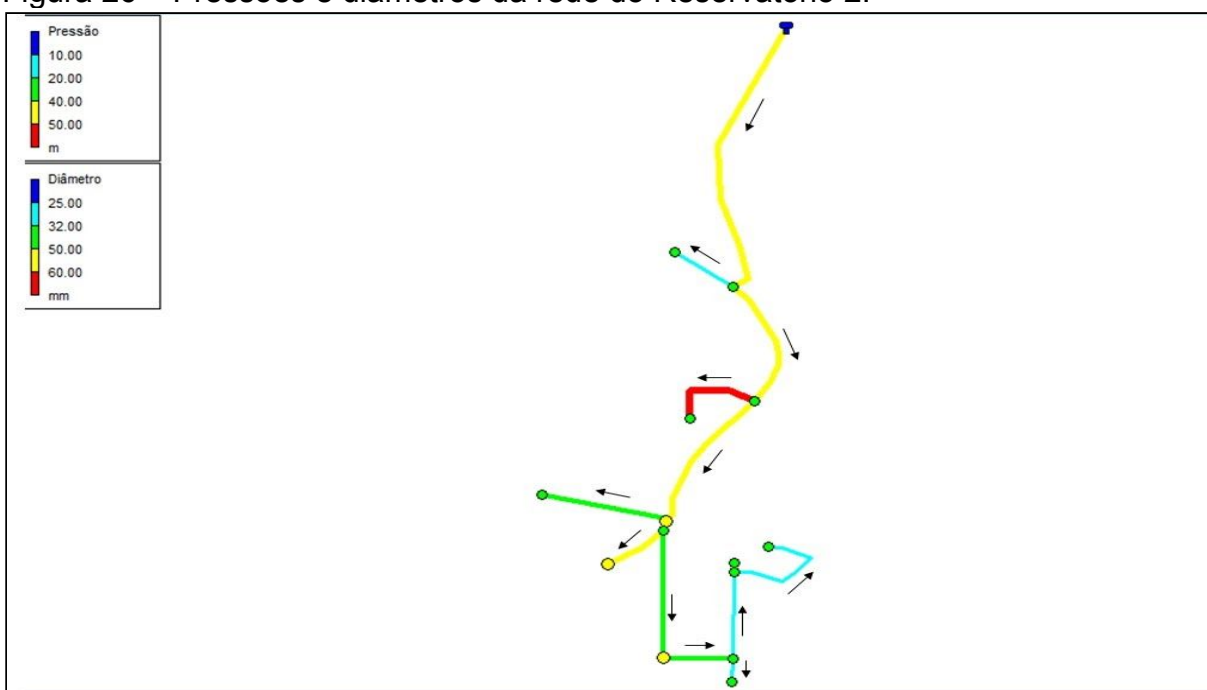
Figura 25 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 1.



Fonte: Do autor (2020).

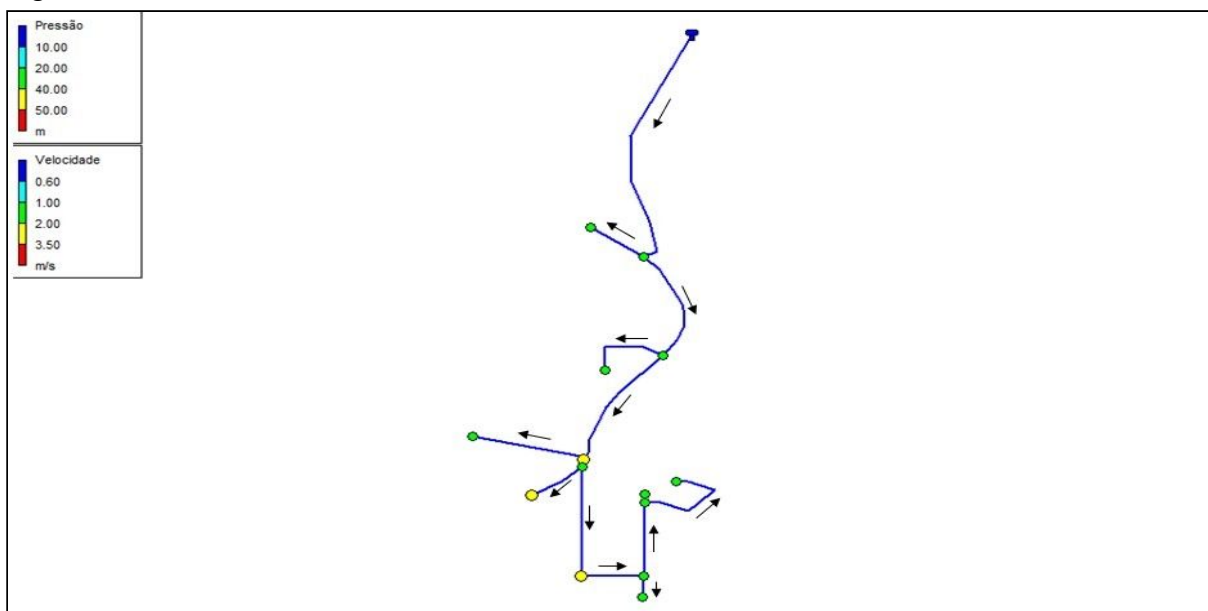
Na rede do Reservatório 2 não foram encontrados nós com pressão fora do limite estipulado pela NBR 12218 (ABNT, 2017), mas foram encontradas velocidades abaixo do recomendado em todos os trechos. Nas Figuras 26 e 27 é apresentada a simulação hidráulica desta rede.

Figura 26 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 2.



Fonte: Do autor (2020).

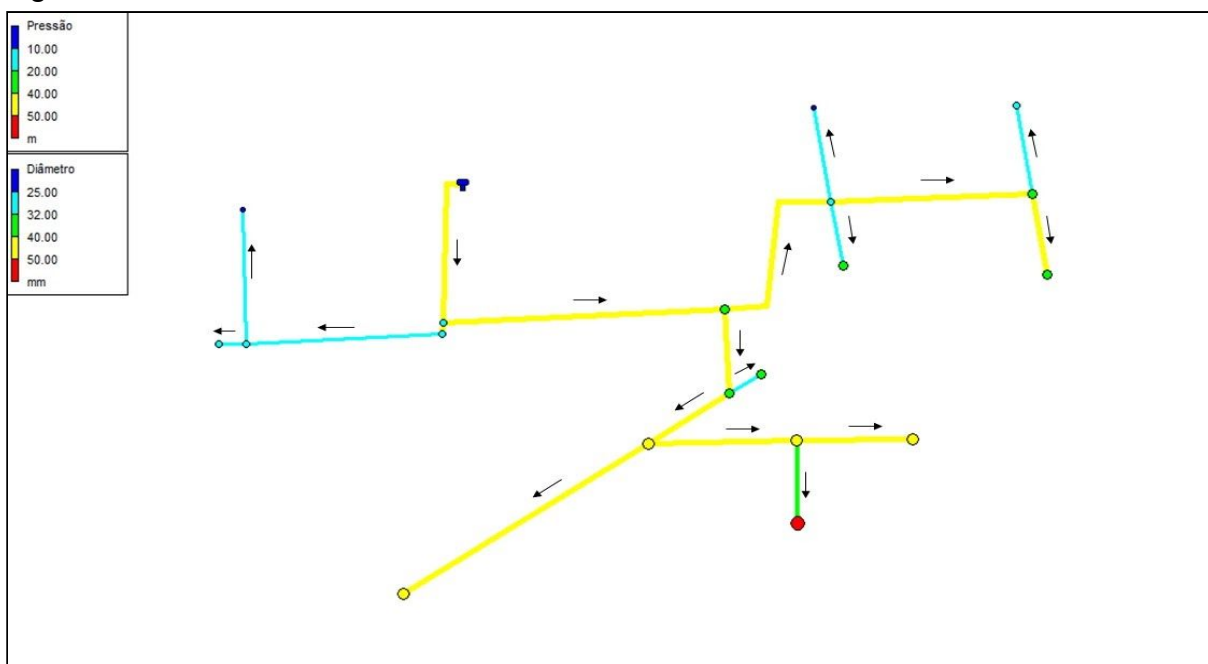
Figura 27 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 2.



Fonte: Do autor (2020).

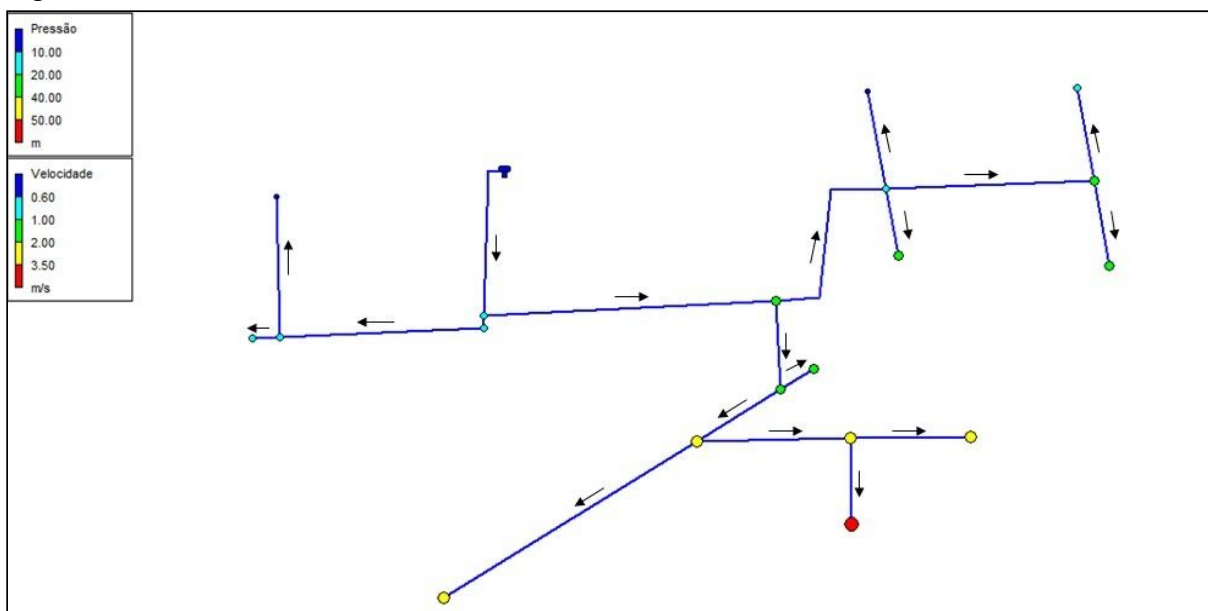
Na rede do Reservatório 3 foram encontradas pressões abaixo de 10 mca nos nós N3-12 (7,12 mca) e N3-15 (7,02 mca) e acima de 50 mca no nó N3-2 (52,23 mca), ficando em desacordo com o estabelecido pela NBR 12218 (ABNT, 2017), conforme a Figura 28. Nesta rede também foram observadas velocidades abaixo do que a norma recomenda em todos os trechos (FIGURA 29).

Figura 28 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 3.



Fonte: Do autor (2020).

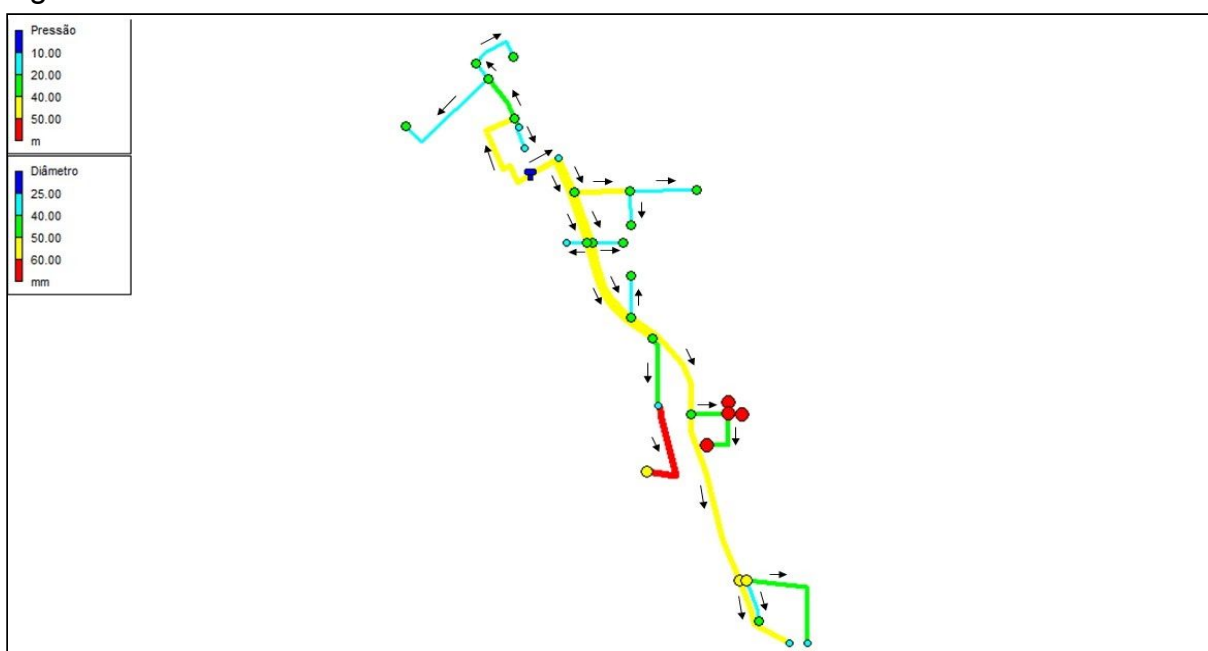
Figura 29 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 3.



Fonte: Do autor (2020).

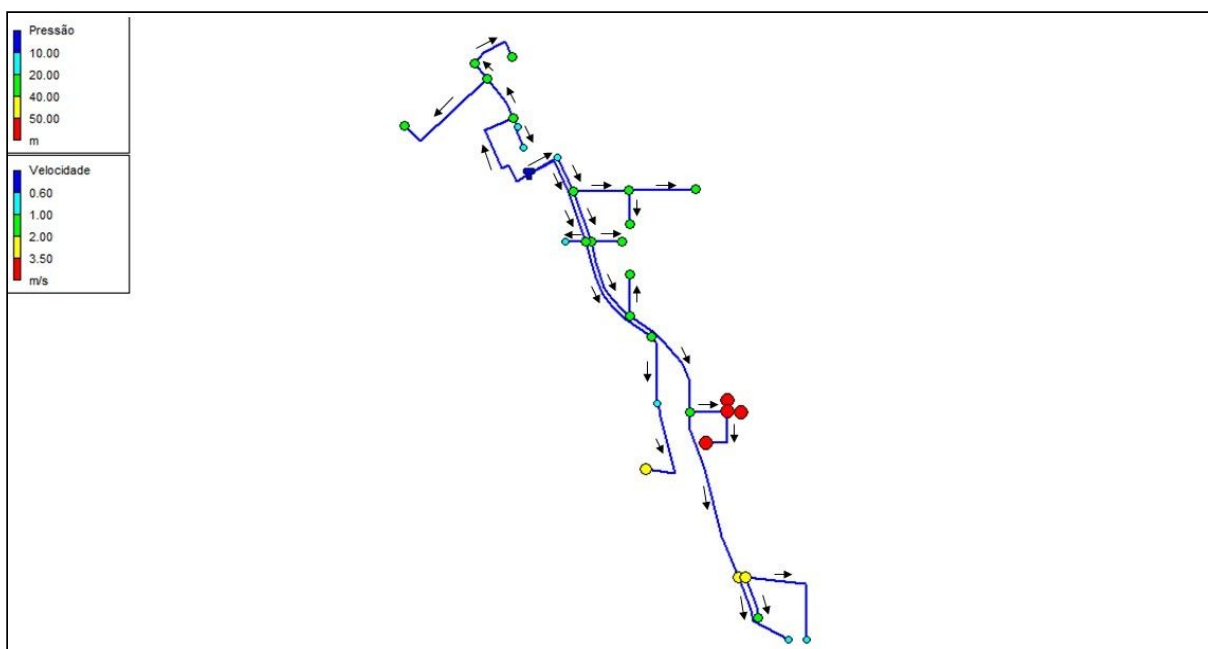
A rede do Reservatório 4 apresentou 4 nós com pressão acima do indicado pela NBR 12218 (ABNT, 2017): N4.1-6 com 55,09 mca, N4.1-7 com 62,10 mca, N4.1-8 com 65,09 mca e N4.1-9 com 65,10 mca, como pode ser visto na Figura 30. Todos os trechos apresentaram velocidades abaixo da mínima fixada pela norma, que é de 0,6 m/s (FIGURA 31).

Figura 30 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 4.



Fonte: Do autor (2020).

Figura 31 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 4.



Fonte: Autor (2020).

Com a simulação hidráulica foi possível observar vários pontos do sistema com problemas de pressão abaixo e acima do recomendado pela norma, e velocidades abaixo em quase todos os trechos. As pressões baixas são causadas pela posição dos reservatórios e diâmetros das tubulações, enquanto as pressões elevadas relacionam-se às amplitudes altimétricas do terreno. Segundo Heller e Pádua (2010), pressões abaixo de 10 mca podem dificultar a chegada da água aos consumidores, enquanto as acima de 50 mca podem danificar as tubulações, resultando em perdas de água e alterações na sua qualidade.

Quanto às velocidades menores que 0,6 m/s, estas estão relacionadas ao baixo consumo no decorrer das redes. Apesar de não se adequarem a norma, Tsutiya (2006) afirma que velocidades menores favorecem a durabilidade das tubulações devido ao baixo atrito e minimizam os efeitos das variações de pressões, porém podem facilitar o acúmulo de elementos presentes na água podendo ocasionar deterioração da qualidade da água e interrupção do abastecimento.

4.3.3 Alternativas para adequação dos problemas na rede de abastecimento

Mesmo que os problemas encontrados não se mostram prejudiciais ao SAA atualmente em razão do baixo consumo, o crescimento populacional ou a instalação de indústrias poderá potencializá-los futuramente. Como já mencionado, pressões e velocidades fora do estabelecido pela norma podem acarretar em alterações na qualidade da água e interrupção do abastecimento. Devido a estas questões, propõe-se alternativas visando a melhoria destes problemas.

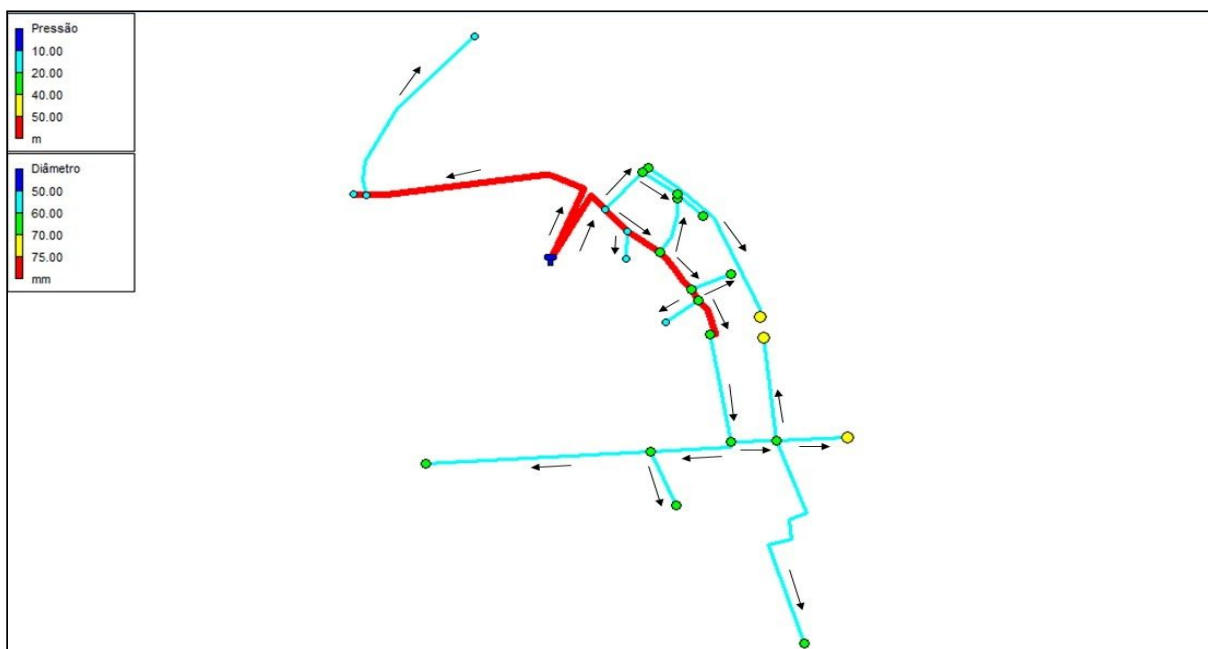
Uma das alternativas para melhorar a velocidade e pressão nas redes seria a substituição dos diâmetros das tubulações, uma vez que o mínimo estabelecido pela NBR 12218 (ABNT, 2017), é de 50 mm. Os diâmetros de 25, 32 e 40 mm serão substituídos por 50 mm, já os de 50 mm serão substituídos por 75 mm por se tratarem de tubulações de saída de reservatório. Os diâmetros de 60 mm podem ser mantidos.

Outra alternativa para a melhoria da pressão nos respectivos nós com problemas seria a elevação do reservatório ou a mudança de local do mesmo. Para os pontos onde a pressão supera os 50 mca a alternativa proposta seria a implantação de válvulas redutoras de pressão (VRP) a fim de reduzir a pressão de montante em um determinado ponto. Na sequência são apresentadas as simulações em todas as redes dos reservatórios com as alternativas cabíveis para a solução de cada rede. Os resultados completos de consumo, carga hidráulica, pressão, vazão, velocidade e perda de carga com as alterações sugeridas encontram-se no Apêndice C.

Para a rede do Reservatório 1, houve alteração nos diâmetros das tubulações, sendo que nos trechos T1.1-9, T1.1-11, T1.1-13, T1.1-15, T1.1-17, T1.1-23, T1.2-1 e T1.2-3 as tubulações de 50 mm foram aumentadas para 75 mm, e os demais trechos aumentados para 50 mm, em consonância com a NBR 12218 (ABNT, 2017), conforme pode ser visto na Figura 32. Também foi alterada a altura do reservatório, onde o mesmo foi elevado em 3 metros de sua cota atual, ficando em 505 m. Com estas mudanças as pressões nos nós N1.1-5, N1.1-16, N1.2-1 e

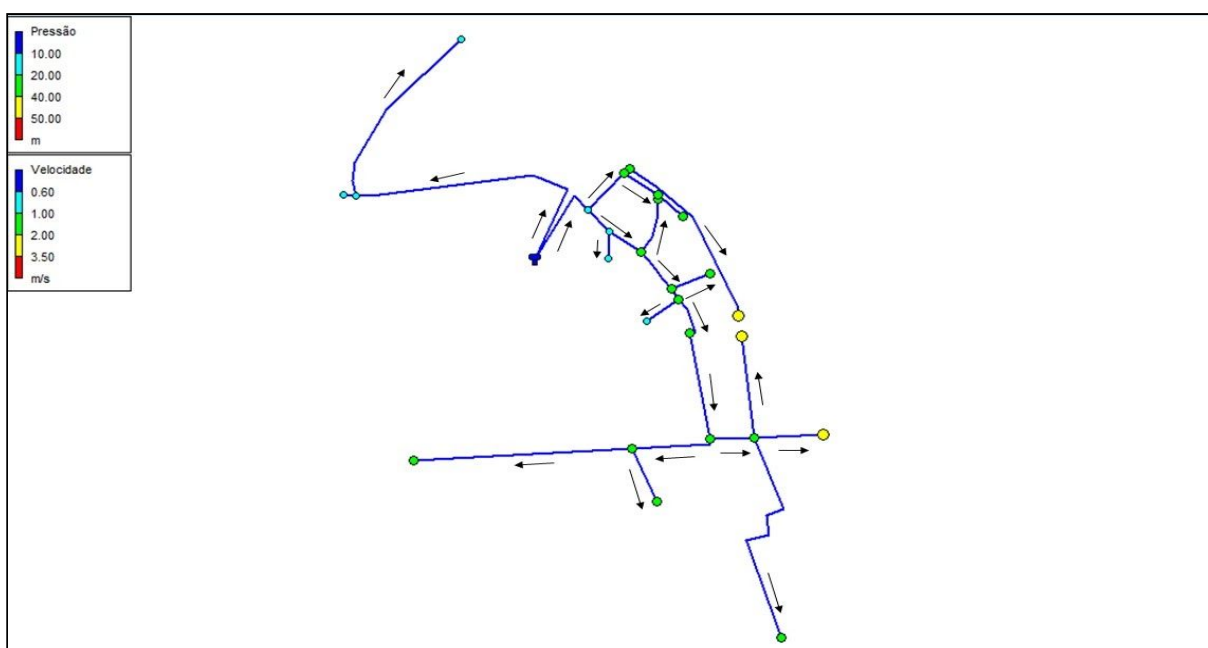
N1.2-3 ficaram 23,38, 15,52, 10,95 e 10,95 mca, respectivamente, sendo assim solucionada. Já as velocidades pouco mudaram, não atingindo o mínimo estipulado pela norma (FIGURA 33).

Figura 32 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 1 com adequações.



Fonte: Do autor (2020).

Figura 33 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 1 com adequações.

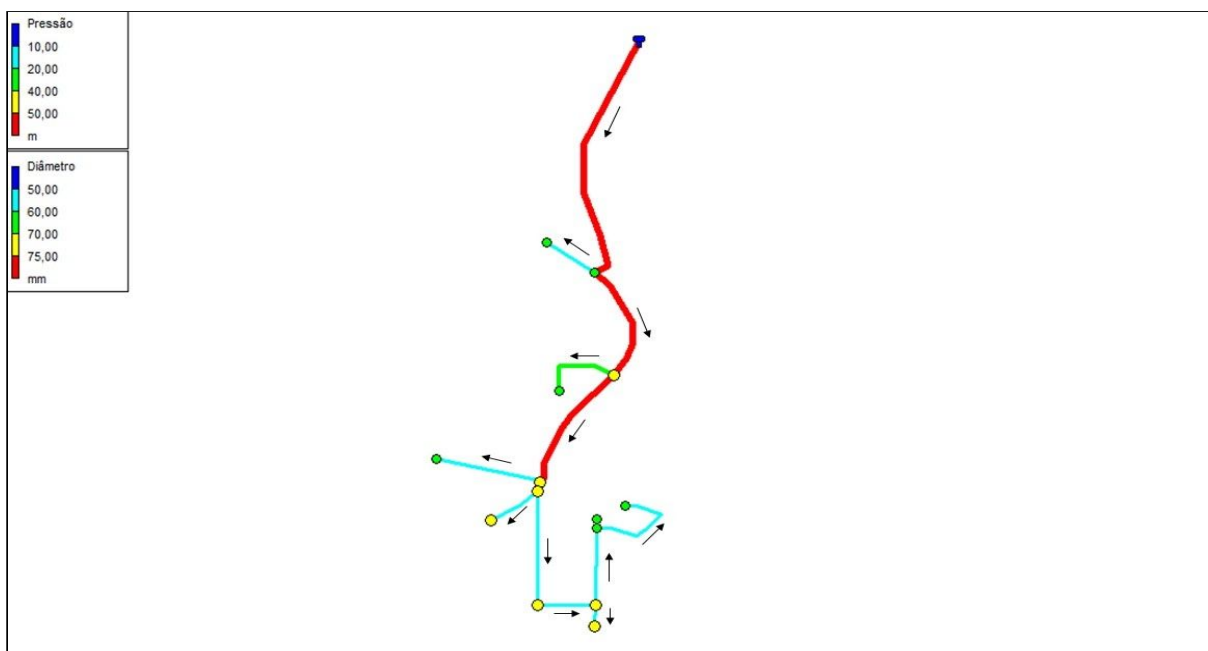


Fonte: Do autor (2020).

Com a análise destas alterações foi observado que o aumento do diâmetro das tubulações não resolveria os problemas de pressão nos nós, porém a elevação do Reservatório 1 seria positiva. No entanto, as pressões atuais apresentadas pouco diferem do que é recomendado por norma, mostrando que na situação atual não ocorreria o desabastecimento desses pontos, o que torna estas alternativas inviáveis neste momento.

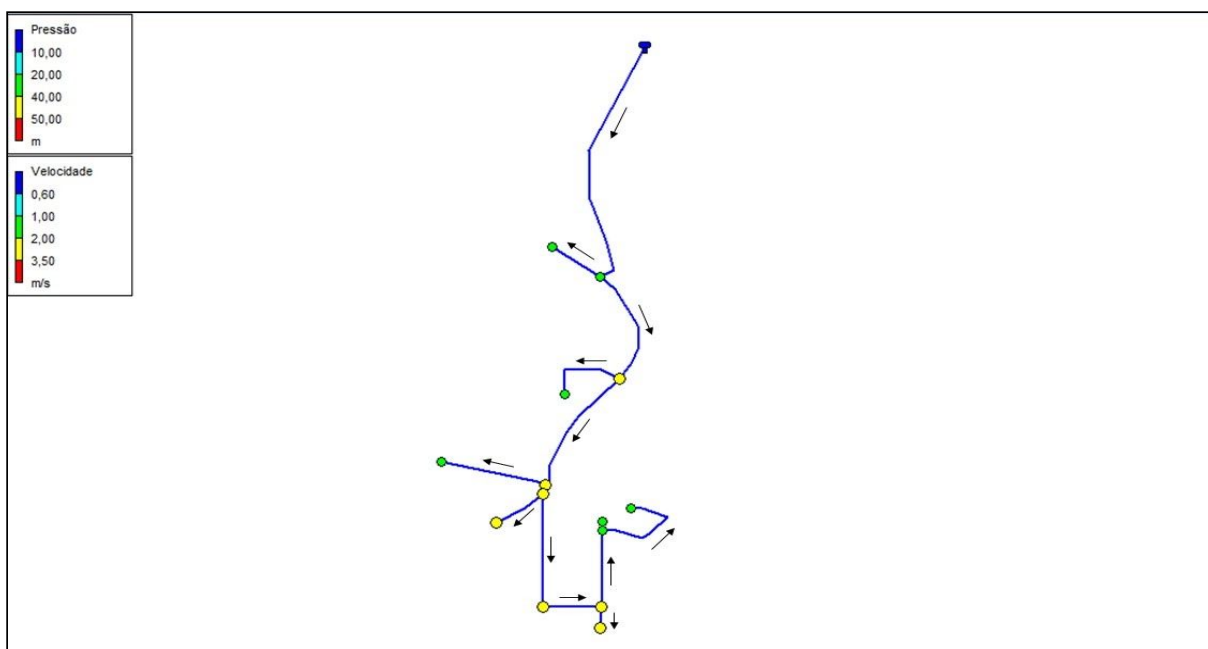
A rede do Reservatório 2 não possuía nenhum problema relacionado à pressão. Mesmo assim foram adequados os diâmetros das tubulações dos trechos T2-8, T2-10, T2-12 e T2-14 estes de 50 mm aumentados para 75 mm, e os demais para 50 mm, enquanto o trecho T2-11 teve seu diâmetro mantido em 60 mm (FIGURA 34). Enquanto a pressão se manteve conforme a NBR 12218 (ABNT, 2018), as velocidades da rede se mantiveram abaixo do recomendado, como mostra a Figura 35.

Figura 34 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 2 com adequações.



Fonte: Do autor (2020).

Figura 35 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 2 com adequações.

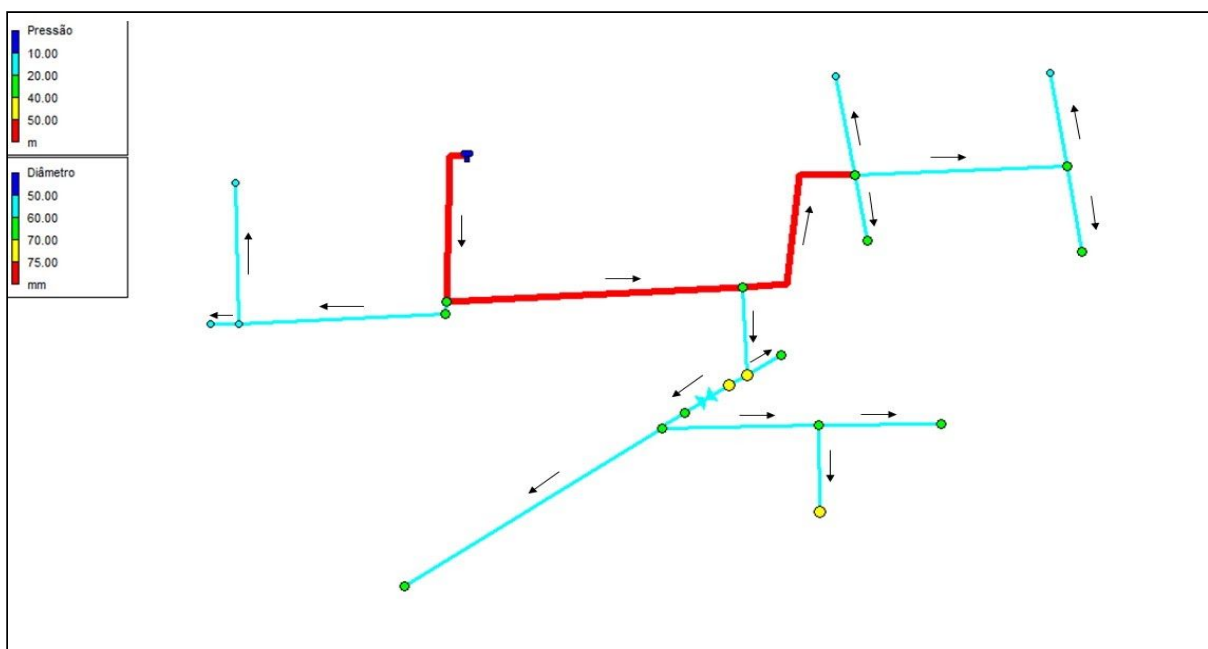


Fonte: Do autor (2020).

Como esta rede não apresentava problemas de pressão, o aumento do diâmetro das tubulações mostra-se desnecessário, uma vez que as pressões permaneceram conforme a norma e as velocidades não se adequaram.

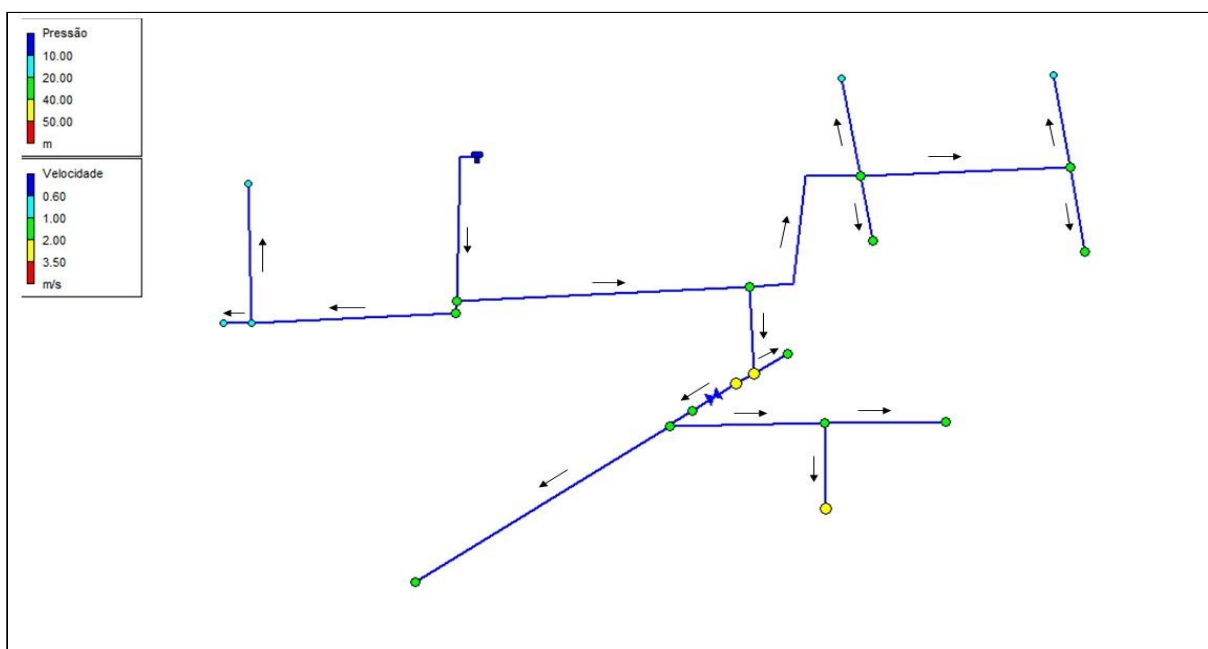
Para a rede do Reservatório 3, foram aumentados os diâmetros dos trechos T3-13, T3-14 e T3-19 todos de 40 mm para 75 mm e os demais para 50 mm. Além disso, o reservatório foi elevado em 4 m da cota atual, ficando em 500 m. Para adequar a pressão do nó N3-2, foi adicionada uma válvula redutora de pressão entre os nós N3-5 e N3-7. Com isso, a pressão ficou em 43,95 mca estando dentro do recomendado pela NBR 12218 (ABNT, 2017), porém as velocidades em todos os trechos da rede não melhoraram (FIGURAS 36 e 37).

Figura 36 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 3 com adequações.



Fonte: Do autor (2020).

Figura 37 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 3 com adequações.

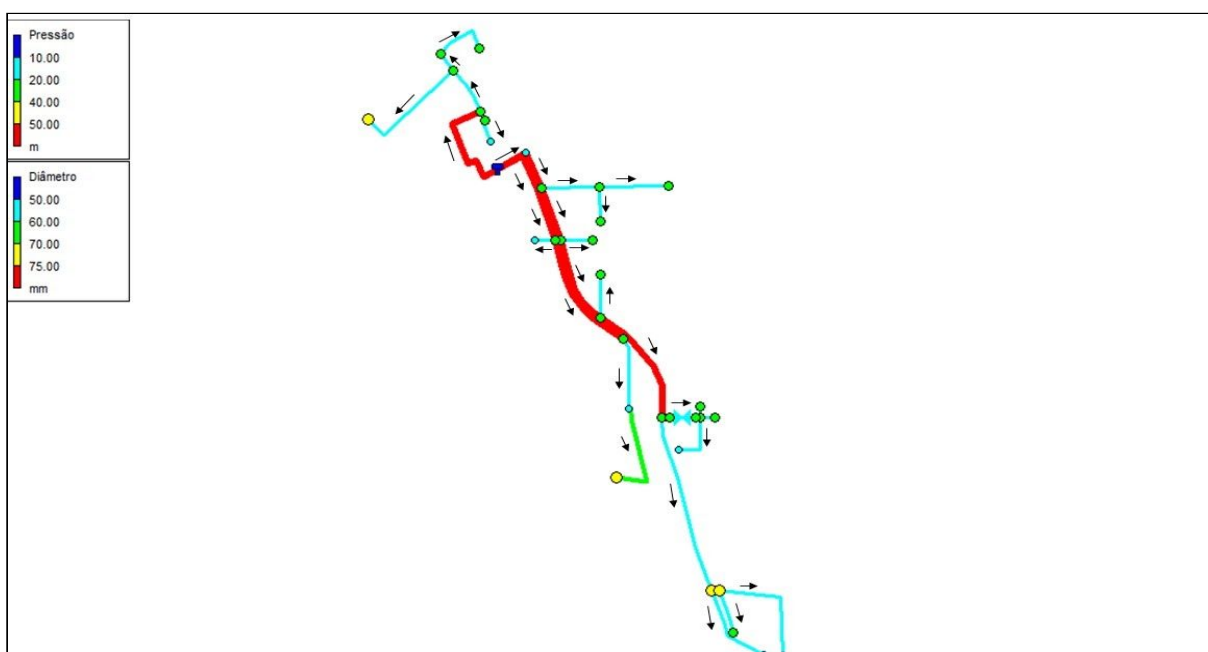


Fonte: Do autor (2020).

Ao analisar a rede do Reservatório 3 nota-se que, em um primeiro momento, as alternativas propostas não são necessárias para adequação das pressões com a norma, pois a variação entre os valores atuais e os recomendados é mínima.

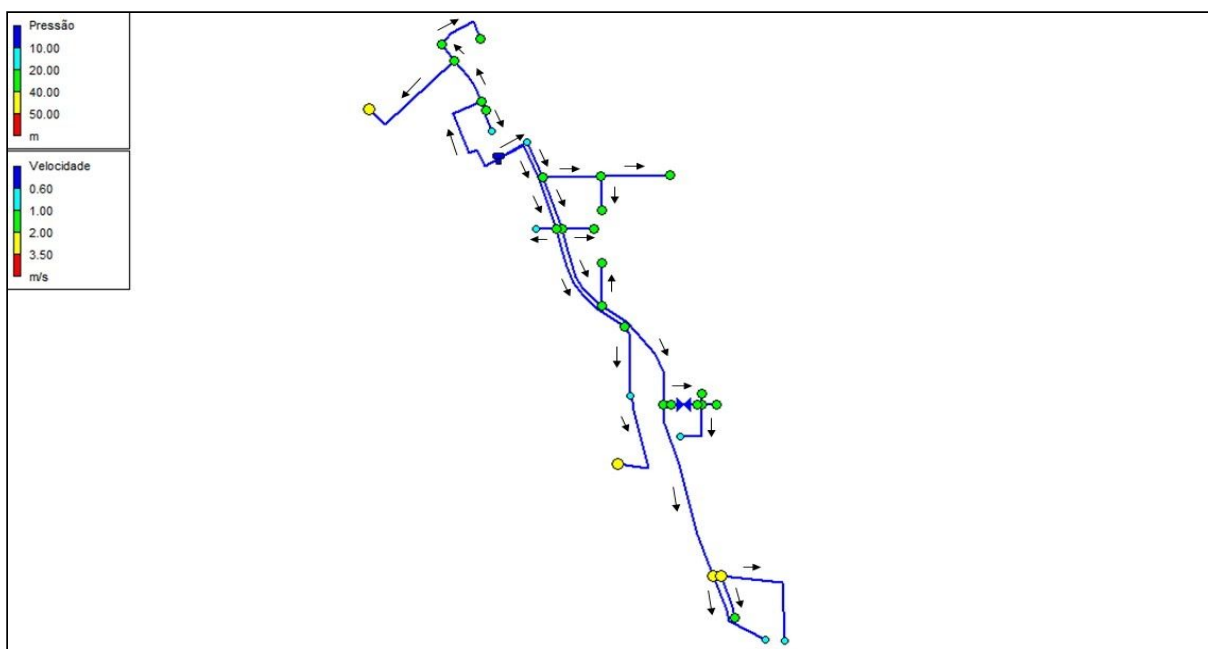
Na rede do Reservatório 4, foram aumentados os diâmetros dos trechos T4.1-10, T4.1-12, T4.1-14, T4.1-18, T4.1-19, T4.2-3, T4.2-5 e T4.3-7, todos de 50 mm, para 75 mm e os demais para 50 mm, enquanto o diâmetro do trecho T4.2-1 foi mantido em 60 mm. Para melhora da pressão nos nós N4.1-6, N4.1-7, N4.1-8 e N4.1-9, foi adicionada uma válvula redutora de pressão entre os nós N4.1-9 e N4.1-10. Assim, as pressões ficaram em 15,88, 22,88, 25,88 e 25,88 mca, respectivamente, ficando em acordo com a NBR 12218 (ABNT, 2017), mas não houve melhora significativa das velocidades em todos os trechos da rede, conforme as Figuras 38 e 39.

Figura 38 – Pressões e diâmetros da rede do Reservatório 4 com adequações.



Fonte: Do autor (2020).

Figura 39 – Pressões e velocidades da rede do Reservatório 4 com adequações.



Fonte: Do autor (2020).

Nesta rede a colocação da válvula redutora de pressão é uma alternativa viável, pois os nós que apresentaram problemas estavam com pressões muito acima do recomendado por norma, o que poderia causar rupturas que afetariam a qualidade da água, e até mesmo desabastecimento. Já o aumento do diâmetro das tubulações não se mostra uma medida factível.

Conforme as observações realizadas com as alternativas para adequação das redes do SAA urbano, constata-se que a troca das tubulações existentes poderia se tornar inviável, uma vez que os problemas presentes não tornam o sistema caótico. Em relação às pressões alteradas, todas foram solucionadas com o aumento da cota dos reservatórios, especialmente no Reservatório 3. Já para o Reservatório 1 a medida é pouco viável por ser apoiado e de concreto armado. Também houve melhora nos casos que foi necessária a instalação de válvula redutora de pressão. Quanto às velocidades, as mesmas permanecem baixas mesmo com as adequações pois os consumos ainda permanecem iguais.

4.4 Dimensionamento do sistema de abastecimento para a demanda futura

Para o dimensionamento futuro foi levado em conta todas as adequações propostas anteriormente e o número de lotes não ocupados constantes no mapa em AutoCAD® disponibilizado pela Prefeitura Municipal, prevendo assim o potencial de crescimento urbano do município, não sendo realizada projeção estatística. Atualmente, estima-se uma população de 1100 habitantes residentes na área urbana, considerando a média de 3 habitantes por lote consumidor. Mantendo-se essa média, com ocupação total dos lotes consumidores, a população futura seria de 2127 habitantes. Os dados encontrados para a demanda futura são apresentados a seguir.

4.4.1 Vazão e capacidade de reserva necessários

Para o cálculo da vazão futura dos poços foi utilizada a Equação 2, que considera a população (P) prevista por cada poço, o consumo per capita (q) de 200 L/hab.dia, o coeficiente de maior consumo (K_1) fixado em 1,2, e o número de horas de desempenho do sistema de 24h. Os resultados da vazão atual e vazão futura necessária são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Dados das vazões atual e necessária para o sistema futuro.

Poço	População atendida (hab.)	Vazão atual (L/s)	Vazão necessária (L/s)
Gruta 1	567	2,22	1,58
Gruta 2		2,78	
Astor Giacobbo	327	0,56	0,91
Herculino Luzzi	354	0,69	0,98
Domingos Biolchi	879	0,69	2,44

Fonte: Do autor (2020).

Ao analisar a vazão futura necessária verifica-se que os poços Gruta 1 e Gruta 2 atendem a demanda de vazão futura, enquanto os demais poços não

possuem vazão suficiente. A solução para este problema seria a perfuração de mais poços para suprir a demanda prevista.

No cálculo de reservação do sistema futuro foi utilizada a Equação 1, utilizando-se a vazão futura necessária e levando em consideração o coeficiente de maior consumo (K_1), com seu valor fixado em 1,2. Os dados da reservação necessária para atender a população futura são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Dados das reservações atual e necessária para o sistema futuro.

Reservatório	População futura atendida (hab.)	Vazão (L/s)	Capacidade de reservação atual (m³)	Capacidade de reservação futura necessária (m³)
Reservatório 1	567	1,58	120	45
Reservatório 2	327	0,91	20	26
Reservatório 3	354	0,98	20	28
Reservatório 4	879	2,44	20	70

Fonte: Do autor (2020).

Ao observar a capacidade de reservação necessária para a demanda futura verificou-se que apenas o Reservatório 1 atende o volume necessário, enquanto os demais precisam ter sua capacidade de reservação ampliada. Como possível solução estaria a colocação de mais um reservatório com mesmo volume junto aos Reservatório 2 e 3, funcionando também como assistente em casos de limpeza ou manutenção, e no Reservatório 4 a substituição por um reservatório com maior volume de reservação.

4.4.2 Caracterização da rede de abastecimento futura

No Reservatório 1 houve o acréscimo de 1 trecho de 54 m de extensão, optando-se por uma tubulação de PVC de 50 mm de diâmetro, e de 1 nó, conforme visto na Tabela 10. Em relação ao número de lotes consumidores, o aumento foi de

39 lotes e 117 habitantes, totalizando 189 lotes consumidores e 567 moradores nesta rede.

Tabela 10 – Características da futura rede de abastecimento do Reservatório 1.

Trecho	Diâmetro (mm)	Material	Extensão (m)	Lotes consumidores	Nós	Cota (m)
1.1-1	50	PVC	448	16	N1.1-1	478
1.1-2	50	PVC	122	4	N1.1-2	465
1.1-3	50	PVC	190	8	N1.1-3	465
1.1-4	50	PVC	79	3	N1.1-4	470
1.1-5	50	PVC	391	19	N1.1-5	482
1.1-6	50	PVC	113	5	N1.1-6	468
1.1-7	50	PVC	150	6	N1.1-7	468
1.1-8	50	PVC	198	10	N1.1-8	472
1.1-9	75	PVC	76	20	N1.1-9	478
1.1-10	50	PVC	70	5	N1.1-10	487
1.1-11	75	PVC	23	1	N1.1-11	480
1.1-12	50	PVC	73	2	N1.1-12	470
1.1-13	75	PVC	82	3	N1.1-13	482
1.1-14	50	PVC	116	3	N1.1-14	470
1.1-15	75	PVC	69	4	N1.1-15	486
1.1-16	50	PVC	51	2	N1.1-16	491
1.1-17	75	PVC	56	2	N1.1-17	487
1.1-18	50	PVC	347	29	N1.1-18	465
1.1-19	50	PVC	8	1	N1.1-19	470
1.1-20	50	PVC	58	4	N1.1-20	472
1.1-21	50	PVC	74	4	N1.1-21	470
1.1-22	50	PVC	93	6	N1.1-22	470

(Continua...)

(Continuação)

1.1-23	75	PVC	182	2	N1.1-23	487
1.2-1	75	PVC	27	0	N1.2-1	496
1.2-2	50	PVC	362	7	N1.2-2	490
1.2-3	75	PVC	527	20	N1.2-3	496
F1.1-1	50	PVC	54	3	NF1.1-1	472

Fonte: Do autor (2020).

O Reservatório 2 passou a contar com 1 trecho novo de 200 m de extensão e tubulação de PVC de 50 mm de diâmetro, e com 1 novo nó (TABELA 11). O número de lotes consumidores passou de 54 para 109, uma diferença de 55 lotes e 165 habitantes a mais na rede, totalizando 327 habitantes.

Tabela 11 – Características da futura rede de abastecimento do Reservatório 2.

Trecho	Diâmetro (mm)	Material	Extensão (m)	Lotes consumidores	Nós	Cota (m)
2-1	50	PVC	259	5	N2-1	508
2-2	50	PVC	20	2	N2-2	505
2-3	50	PVC	186	14	N2-3	510
2-4	50	PVC	51	6	N2-4	500
2-5	50	PVC	136	4	N2-5	500
2-6	50	PVC	273	16	N2-6	495
2-7	50	PVC	130	1	N2-7	495
2-8	75	PVC	20	1	N2-8	500
2-9	50	PVC	253	6	N2-9	503
2-10	75	PVC	322	6	N2-10	497
2-11	60	PVC	189	15	N2-11	512
2-12	75	PVC	291	5	N2-12	501
2-13	50	PVC	136	3	N2-13	510

(Continua...)

(Continuação)

2-14	75	PVC	600	10	N2-14	510
F2-1	50	PVC	200	15	NF2-1	497

Fonte: Do autor (2020).

Para o Reservatório 3 foram adicionados 2 trechos e 2 nós, aumentado em 347 m a extensão da rede de abastecimento, sendo as tubulações de PVC de 50 mm de diâmetro, como mostra a Tabela 12. O aumento de lotes consumidores foi de 85 lotes e 255 habitantes, passando para 118 lotes consumidores e 354 habitantes nesta rede.

Tabela 12 – Características da futura rede de abastecimento do Reservatório 3.

Trecho	Diâmetro (mm)	Material	Extensão (m)	Lotes consumidores	Nós	Cota (m)
3-1	50	PVC	74	8	N3-1	453
3-2	50	PVC	53	5	N3-2	445
3-3	50	PVC	95	9	N3-3	450
3-4	50	PVC	184	12	N3-4	450
3-5	50	PVC	61	1	N3-5	457
3-6	50	PVC	25	2	N3-6	462
3-7	50	PVC	56	0	N3-7	460
3-8	50	PVC	55	3	N3-8	470
3-9	50	PVC	59	8	N3-9	485
3-10	50	PVC	128	11	N3-10	475
3-11	50	PVC	43	4	N3-11	470
3-12	50	PVC	63	5	N3-12	490
3-13	75	PVC	126	1	N3-13	480
3-14	75	PVC	181	0	N3-14	473
3-15	50	PVC	87	9	N3-15	490

(Continua...)

(Continuação)

3-16	50	PVC	16	1	N3-16	483
3-17	50	PVC	126	9	N3-17	483
3-18	50	PVC	7	0	N3-18	481
3-19	75	PVC	101	3	N3-19	481
F3-1	50	PVC	252	22	NF3-1	443
F3-2	50	PVC	95	5	NF3-2	490

Fonte: Do autor (2020).

No Reservatório 4, foi feito o acréscimo de 2 trechos e 2 nós, resultando em mais 142 m de extensão na rede, com tubulações de PVC de 50 mm de diâmetro. Também foi necessário dividir o trecho T4.3-7, originando o T4.3-8, a fim de criar um novo nó para fazer a ligação de um dos trechos futuros (TABELA 13). Em relação ao número de lotes consumidores, a diferença foi de 162 lotes e 486 habitantes a mais, totalizando 293 lotes consumidores e 879 habitantes nesta rede.

Tabela 13 – Características da futura rede de abastecimento do Reservatório 4.

Trecho	Diâmetro (mm)	Material	Extensão (m)	Lotes consumidores	Nós	Cota (m)
4.1-1	50	PEAD	232	4	N4.1-1	480
4.1-2	50	PVC	310	32	N4.1-2	483
4.1-3	50	PVC	117	9	N4.1-3	462
4.1-4	50	PVC	18	0	N4.1-4	450
4.1-5	50	PEAD	470	9	N4.1-5	446
4.1-6	50	PVC	139	6	N4.1-6	440
4.1-7	50	PVC	35	1	N4.1-7	433
4.1-8	50	PVC	31	2	N4.1-8	430
4.1-9	50	PVC	99	4	N4.1-9	430
4.1-10	75	PEAD	325	5	N4.1-10	460

(Continua...)

(Continuação)

4.1-11	50	PVC	112	7	N4.1-11	457
4.1-12	75	PEAD	235	4	N4.1-12	460
4.1-13	50	PVC	82	6	N4.1-13	462
4.1-14	75	PEAD	145	5	N4.1-14	470
4.1-15	50	PVC	92	10	N4.1-15	462
4.1-16	50	PVC	176	4	N4.1-16	465
4.1-17	50	PEAD	147	14	N4.1-17	465
4.1-18	75	PEAD	100	8	N4.1-18	475
4.1-19	75	PEAD	82	5	N4.1-19	478
4.2-1	60	PVC	275	32	N4.2-1	455
4.2-2	50	PVC	184	21	N4.2-2	478
4.2-3	75	PEAD	325	9	N4.2-3	465
4.2-4	50	PVC	55	2	N4.2-4	478
4.2-5	75	PEAD	307	7	N4.2-5	470
4.3-1	50	PVC	150	9	N4.3-1	473
4.3-2	50	PVC	53	4	N4.3-2	468
4.3-3	50	PVC	300	13	N4.3-3	455
4.3-4	50	PVC	129	19	N4.3-4	470
4.3-5	50	PVC	26	12	N4.3-5	479
4.3-6	50	PVC	65	2	N4.3-6	475
4.3-7	75	PEAD	81	5	N4.3-7	475
4.3-8	75	PEAD	220	13	N4.3-8	470
F4.1-1	50	PVC	80	13	N4.1-1	460
F4.3-1	50	PVC	62	6	N4.3-1	466

Fonte: Do autor (2020).

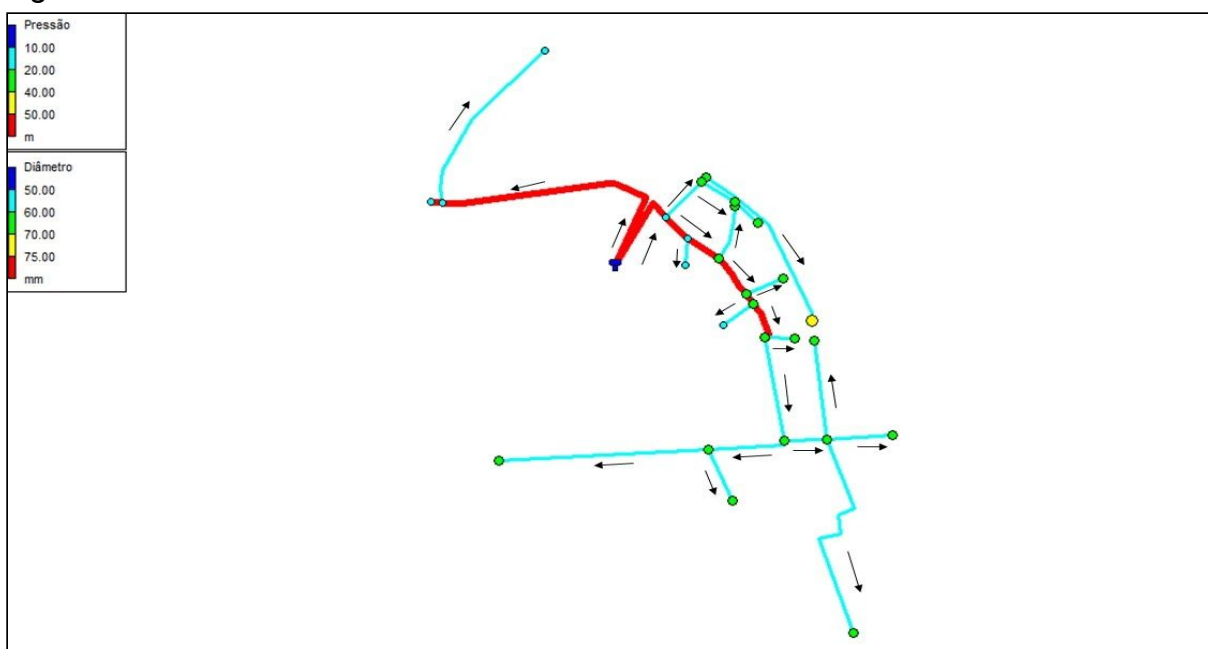
4.4.3 Simulação hidráulica da rede futura

Na simulação hidráulica realizada para a rede futura, foram inseridos no EPANET 2.0 as informações de diâmetro da tubulação, coeficiente de rugosidade de 140 para PVC e 150 para PEAD, segundo Azevedo Netto (2015), extensões dos trechos, lotes consumidores, fator de consumo de 0,0125 L/s, calculado a partir da Equação 3 – Vazão de distribuição por lote, cota planialtimétrica e altura de água, diâmetro e cota dos reservatórios. Os resultados da pressão podem ser vistos na sequência. Como não houve mudanças significativas, optou-se por não apresentar os resultados de velocidade. Os resultados completos com os valores de pressão, velocidade, vazão e perda de carga estão apresentados no Apêndice D.

Para o cálculo da vazão de distribuição por lote, foram considerados a população (P) de 3 habitantes por lote consumidor e consumo per capita (q) de 200L/hab.dia, além dos coeficientes K_1 e K_2 1,2 e 1,5, respectivamente, e número de horas de desempenho de 24h.

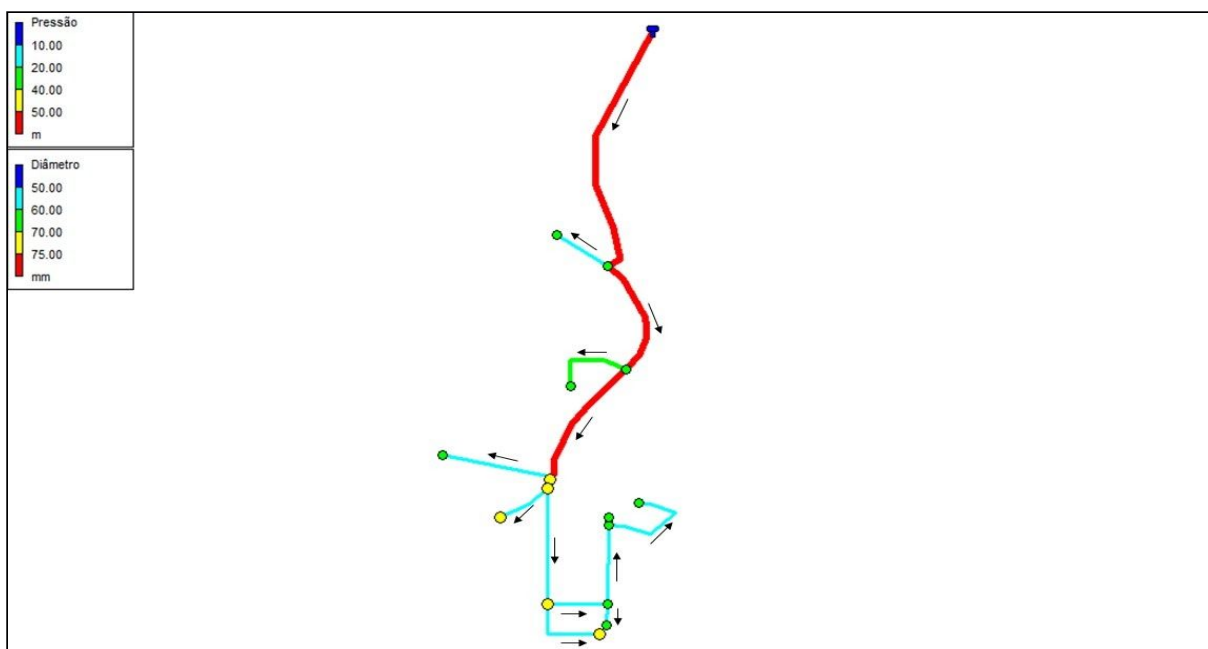
Conforme pode ser visto nas Figuras 40, 41, 42 e 43, as pressões em todos os nós das redes dos Reservatórios 1, 2, 3 e 4 encontram-se entre 10 e 50 mca, como recomenda a NBR 12218 (ABNT, 2017).

Figura 40 – Pressões e diâmetros da rede futura do Reservatório 1.



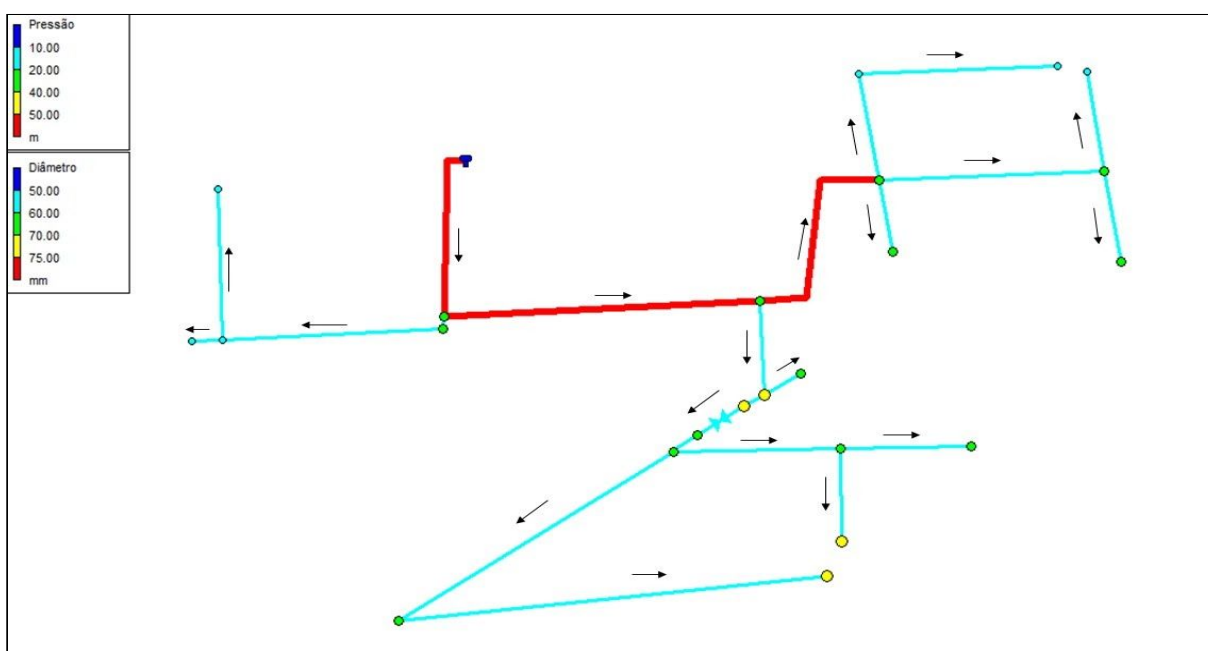
Fonte: Do autor (2020).

Figura 41 – Pressões e diâmetros da rede futura do Reservatório 2.



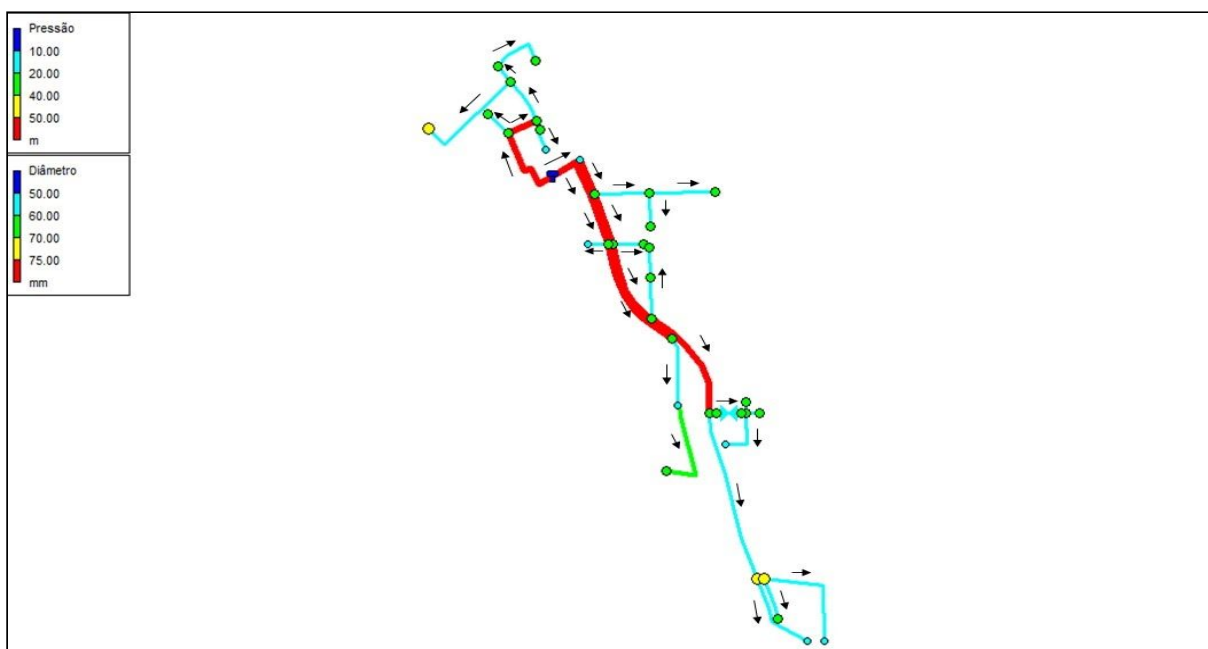
Fonte: Autor (2020).

Figura 42– Pressões e diâmetros da rede futura do Reservatório 3.



Fonte: Do autor (2020).

Figura 43 – Pressões e diâmetros da rede futura do Reservatório 4.



Fonte: Do autor (2020).

O aumento populacional urbano previsto para o município de Doutor Ricardo terá como consequência uma elevação no consumo de água. Se o SAA atual não receber algumas adequações, o abastecimento de água no futuro poderá não ser suficiente para atender a demanda, bem como podem haver problemas de perdas e qualidade da água. O resultado da simulação hidráulica projetando a população futura e com as adequações propostas para o sistema atual confirma que estas servirão também futuramente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é um recurso natural imprescindível às atividades humanas, cuja disponibilidade e qualidade ocorreu graças ao aperfeiçoamento dos sistemas de abastecimento de água ao longo dos anos. No entanto, sem um dimensionamento bem feito que considere também uma projeção para o futuro, este recurso pode não atender a população de um local com o passar dos anos, tornando o sistema ineficaz. Isso pode ocorrer, por exemplo, com o crescimento populacional de áreas urbanas, e o problema pode se acentuar em períodos de estiagens, comuns no estado do Rio Grande do Sul, onde se localiza a cidade de Doutor Ricardo.

Além disso, municípios pequenos como Doutor Ricardo, onde a própria municipalidade faz a gestão da sua água, possuem algumas dificuldades relacionadas. Os principais problemas observados dizem respeito à falta de conhecimento e informações sobre o sistema, taxas de cobrança defasadas, falta de investimentos, falta de mão-de-obra qualificada e inexistência de um planejamento futuro.

Com o mapeamento realizado para este sistema foi possível traçar as redes do mesmo, conhecendo sua extensão, trajeto, diâmetro e material, bem como a localização e características dos poços artesianos e reservatórios, algo que não existia junto a Prefeitura Municipal e era de conhecimento apenas do responsável pelo SAA urbano. Este fato em si coloca-se como uma importante justificativa para a relevância deste estudo.

Além disso, o diagnóstico dos poços e reservatórios apontou várias desconformidades em relação às normas regulamentadoras NBR 12212 (ABNT,

2017) e 12217 (ABNT, 1994), como ausência de perímetro sanitário seguro contra o acesso de pessoas não autorizadas, vegetação alta e dificuldade de acesso. Atualmente, às vazões dos poços atendem a demanda de consumo, exceto o poço Domingos Biolchi, onde pode ser necessário a interligação entre reservatórios ou a perfuração de outro poço. O volume de reservação do Reservatório 4 está 12 m³ abaixo do necessário, sugerindo-se a instalação de outro reservatório do tipo apoiado, enquanto no Reservatório 1 este volume encontra-se bastante elevado, causando maior tempo de detenção hidráulica com possibilidade de deterioração da qualidade da água.

A simulação hidráulica do sistema atual mostrou 6 nós com pressões abaixo de 10 mca nos Reservatórios 1 e 3, e 5 nós acima de 50 mca nos Reservatórios 3 e 4, o que pode resultar em falta de fornecimento de água e danos às tubulações, com perdas de água e de sua qualidade. Já as velocidades apresentaram-se baixas em praticamente todos os trechos, fato relacionado à baixa taxa de consumo.

Mesmo havendo pouca diferença entre os valores encontrados e os recomendados por norma, o que não afeta o abastecimento frente ao consumo atual, foram propostas melhorias para adequação das pressões: alteração dos diâmetros das tubulações estabelecendo o diâmetro mínimo de 50 mm, e 75 mm para as tubulações principais, elevação dos Reservatórios 1 e 3 e instalação de válvulas redutoras de pressão nas redes dos Reservatórios 3 e 4. Destas, as que mostraram-se mais relevantes foram a elevação dos reservatórios e as válvulas redutoras de pressão, enquanto os diâmetros foram alterados com o intuito de adequação a NBR 12218 (ABNT, 2017).

Com o aumento da população da área urbana, projetado a partir da ocupação total dos lotes disponíveis, e com média de 3 habitantes por lote consumidor, a ausência de adequações implicaria em problemas no abastecimento. A análise das vazões dos poços mostrou a necessidade de perfuração de outros poços, e do volume de reservação a instalação de novos reservatórios junto aos Reservatórios 2, 3 e 4. Assim, a simulação hidráulica da rede futura mostrou-se adequada em termos de pressão, enquanto as velocidades novamente permaneceram abaixo de

0,6 m/s. Mesmo que sejam favoráveis à integridade das tubulações, velocidades baixas podem causar acúmulo de materiais e consequente perda da qualidade da água, assim como interrupção do abastecimento.

O diagnóstico, juntamente do dimensionamento correto do SAA da área urbana do município de Doutor Ricardo permitiu conhecer os pontos críticos do mesmo, assim como o mapeamento realizado pode ser útil para os responsáveis pelo sistema encontrarem os problemas que poderão afetar o abastecimento de água para os diversos consumidores na atualidade e no futuro. Dessa forma, o fornecimento de água em quantidade e qualidade suficientes para o abastecimento será garantido, o que irá contribuir com o desenvolvimento do município. Também deseja-se que este estudo auxilie o município em épocas de estiagem, sem precisar racionar água por um longo período, e até mesmo fornecer água para regiões rurais, que são as mais afetadas.

Como sugestão para trabalhos futuros, indica-se um estudo de viabilidade econômica para as alterações propostas, incluindo a perfuração de poços e instalação de novos reservatórios. Também podem ser analisados as perdas de água e o gerenciamento do sistema. Além disso, recomenda-se que municípios que fazem a gestão do seu SAA tenham um mapeamento do mesmo e que haja um engenheiro responsável, para que se tenha um controle adequado do abastecimento e para manter o sistema atualizado.

REFERÊNCIAS

ANDRADE SOBRINHO, Renavan; BORJA, Patrícia C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21 n. 4, p. 783-795, out./dez., 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12211/92**: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **NBR 12212/2017**: Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **NBR 12213/92**: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **NBR 12214/1990**: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

_____. **NBR 12215/2017**: Projeto de adutora de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **NBR 12216/92**: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **NBR 12217/94**: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____. **NBR 12218/94**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____. **NBR 12266/92**: Projeto de execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **NBR 12586/92**: Cadastro de sistema de abastecimento de água – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

AutoCAD. Versão 23.1. San Rafael, Califórnia: Autodesk, Inc. 2020.

AZEVEDO NETTO, José M. **Manual de Hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2015. 631 p. E-book. Disponível em:
<<https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/158852/pdf/0?code=7jZlytvRXIf2ALPixfkX98AingB8YC7ZEfr2x96nE2X/FtX+QKKC1DxMAWnNAZ2nWf04oHfHxHTWOk7fanLmYA==>>. Acesso em: 12 mai. 2020.

BITTENCOURT, Cláudia; PAULA, Maria A. S. de. **Tratamento de Água e Efluentes** – Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014. 184 p. E-book. Disponível em:
<<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536521770/>>. Acesso em: 14 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Disponível em:
<<http://portal.arquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>>. Acesso em: 04 mai. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Manual de saneamento**. 4. ed. Brasília: Editora FUNASA, 2015. 642 p. Disponível em:
<http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/Mnl_Saneamento.pdf/ae1d4eb7-afe8-4e70-ae9a-0d2ae24b59ea>. Acesso em: 14 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água**: procedimentos para a minimização de riscos à saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 252 p. Disponível em:
<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/boas_praticas_agua.pdf>. Acesso em 06 nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Portaria MS 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005. 10 p. Disponível em:
<<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/portaria-no-2-914-de-12-de-dezembro-de-2011.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2020.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em:
<www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

CARMO, Roberto L. do; DAGNINO, Ricardo S.; JOHANSEN, Igor C. Transição demográfica e transição do consumo urbano de água no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro, v. 31, n.1, p. 169-190, jan./jun., 2014.

CASTRO, Leonardo M. A. de. **Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água**. 2007. 297 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2007.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE ABASTECIMENTO – CORSAN. **Projetos de rede de água**. Disponível em: <<https://www.corsan.com.br/projetosderededeagua>>. Acesso em: 12 mai. 2020.

FEIL, Alexandre A. **Modelagem matemática visando à caracterização e à previsão futura do sistema de abastecimento de água do município de Lajeado/RS**. 2010. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Centro Universitário Univates, Lajeado. 2010.

GOMES, Heber P. (Org.) **Sistemas de Saneamento – Eficiência Energética**. 1. ed. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2010. 366p. E-book. Disponível em: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/wp-content/uploads/arquivos/Livro_Eficiencia_Energetica.pdf>. Acesso em: 04. nov. 2020.

GOOGLE EARTH PRO. Versão 7.3.3. Mountain View, Califórnia: Google LLC. 2020.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter L. de. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. 872 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades: Panorama** – Doutor Ricardo. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/doutor-ricardo/panorama>>. Acesso em: 13 abr. 2020.

_____. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua**: Domicílios com rede geral como principal forma de abastecimento de água. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101707>>. Acesso em: 07 abr. 2020.

_____. **Geociências**: Cartas e mapas – Mapas estaduais. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-estaduais.html>>. Acesso em: 13 abr. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil TOPODATA**. 2020. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE DOUTOR RICARDO (Município). **Município de Doutor Ricardo**. Disponível em: <<https://doutorricardo.rs.gov.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

QGIS – Geographic Information System. Versão 3.14.15. Open Source Geospatial Foundation Project. Mountain View, Califórnia: Creative Commons. 2020.

RIBEIRO, Júlia W.; ROOKE, Juliana M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. 2010. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2010.

ROCHA, Aristides A. **Histórias do saneamento**. São Paulo: Blucher, 2018. 152 p. E-book. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/158857/pdf/0/>>. Acesso em: 07 abr. 2020.

ROSSMAN, Lewis A. **EPANET2: User's manual**. U. S. Environment Protection Agency, Cincinnati, Ohio, USA, 2000.

SANTOS, Fernanda F. S. dos et al. O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, [s.l.], v.4, n.1, p. 241-251, 2018.

SILVA, Cleyton O. **Modelagem de rede de distribuição de água com ênfase no controle de perdas**. 2014. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba. 2014.

SILVA, Wedja S. **Proposta de um modelo de cadastro de redes de abastecimento d'água, de acordo com a ISO/FDIS 19.152**. 2017. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologias e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2017.

SOARES, Sérgio R. A.; BERNARDES, Ricardo S.; CORDEIRO NETTO, Oscar M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 6, p. 1713-1724, nov./dez., 2002.

SOUSA, Ana C. A de. **Política de saneamento no Brasil: atores, instituições e interesses**. 2011. 88 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca/Fiocruz, Rio de Janeiro. 2011.

TSUTIYA, Milton T. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

**APÊNDICE A – Planta do sistema de abastecimento de água urbano
de Doutor Ricardo/RS**

APÊNDICE B – Dados da simulação hidráulica do sistema de abastecimento atual

Resultado da simulação hidráulica da rede atual do Reservatório 1

RESERVATÓRIO 1									
NÓS					TRECHOS				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (mca)	Identificador do Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Nó N1.1-1	478	0.17	495.52	17.52	Tubulação T1.1-1	32	0.17	0.22	2.38
Nó N1.1-2	465	0.03	496.58	31.58	Tubulação T1.1-2	40	0.03	0.02	0.02
Nó N1.1-3	465	0.09	496.54	31.54	Tubulação T1.1-3	40	0.09	0.07	0.22
Nó N1.1-4	475	0.03	496.59	21.59	Tubulação T1.1-4	40	0.31	0.25	2.35
Nó N1.1-5	482	0.20	490.06	8.06	Tubulação T1.1-5	25	0.20	0.41	10.15
Nó N1.1-6	468	0.01	494.02	26.02	Tubulação T1.1-6	25	0.01	0.03	0.06
Nó N1.1-7	468	0.06	494.03	26.03	Tubulação T1.1-7	25	0.28	0.56	18.31
Nó N1.1-8	472	0.09	496.77	24.77	Tubulação T1.1-8	40	0.67	0.54	9.79
Nó N1.1-9	478	0.25	498.71	20.71	Tubulação T1.1-9	50	0.93	0.47	5.92
Nó N1.1-10	487	0.06	499.08	12.08	Tubulação T1.1-10	25	0.06	0.13	1.18
Nó N1.1-11	480	0.00	499.16	19.16	Tubulação T1.1-11	50	0.99	0.50	6.68
Nó N1.1-12	470	0.03	499.30	29.30	Tubulação T1.1-12	25	0.03	0.05	0.22
Nó N1.1-13	482	0.04	499.31	17.31	Tubulação T1.1-13	50	1.05	0.53	7.48
Nó N1.1-14	470	0.03	499.90	29.90	Tubulação T1.1-14	25	0.03	0.05	0.22
Nó N1.1-15	486	0.05	499.93	13.93	Tubulação T1.1-15	50	1.13	0.57	8.50
Nó N1.1-16	491	0.03	500.50	9.50	Tubulação T1.1-16	25	0.03	0.05	0.22
Nó N1.1-17	487	0.03	500.51	13.51	Tubulação T1.1-17	50	1.17	0.60	9.21
Nó N1.1-18	465	0.29	490.55	25.55	Tubulação T1.1-18	25	0.29	0.59	19.88
Nó N1.1-19	470	0.01	497.45	27.45	Tubulação T1.1-19	25	0.30	0.61	21.51
Nó N1.1-20	472	0.01	497.58	25.58	Tubulação T1.1-20	25	0.01	0.03	0.06
Nó N1.1-21	470	0.03	497.59	27.59	Tubulação T1.1-21	25	0.04	0.08	0.46
Nó N1.1-22	470	0.06	497.62	27.62	Tubulação T1.1-22	25	0.40	0.81	36.65
Nó N1.1-23	487	0.03	501.03	14.03	Tubulação T1.1-23	50	1.60	0.81	16.32
Nó N1.2-1	496	0.00	503.61	7.61	Tubulação T1.2-1	50	0.00	0.00	0.00
Nó N1.2-2	490	0.09	502.82	12.82	Tubulação T1.2-2	25	0.09	0.18	2.20
Nó N1.2-3	496	0.21	503.61	7.61	Tubulação T1.2-3	50	0.30	0.15	0.74
RNV RNV1	502	-1.90	504.00	2.00					

Resultado da simulação hidráulica da rede atual do Reservatório 2

RESERVATÓRIO 2									
NÓS					TRECHO				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (mca)	Identificador do Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Nó N2-1	508	0.03	535.81	27.81	Tubulação T2-1	25	0.03	0.05	0.22
Nó N2-2	505	0.00	535.86	30.86	Tubulação T2-2	25	0.00	0.00	0.00
Nó N2-3	510	0.15	535.86	25.86	Tubulação T2-3	25	0.18	0.36	7.94
Nó N2-4	500	0.03	537.33	37.33	Tubulação T2-4	25	0.03	0.05	0.22
Nó N2-5	500	0.03	537.34	37.34	Tubulação T2-5	32	0.23	0.28	3.80
Nó N2-6	495	0.14	537.85	42.85	Tubulação T2-6	40	0.36	0.29	3.10
Nó N2-7	495	0.01	538.70	43.70	Tubulação T2-7	50	0.01	0.01	0.00
Nó N2-8	500	0.01	538.70	38.70	Tubulação T2-8	50	0.39	0.20	1.18
Nó N2-9	503	0.03	538.71	35.71	Tubulação T2-9	32	0.03	0.03	0.06
Nó N2-10	497	0.08	538.72	41.72	Tubulação T2-10	50	0.49	0.25	1.81
Nó N2-11	512	0.03	539.30	27.30	Tubulação T2-11	60	0.03	0.01	0.00
Nó N2-12	501	0.06	539.30	38.31	Tubulação T2-12	50	0.58	0.29	2.45
Nó N2-13	510	0.03	539.99	29.99	Tubulação T2-13	25	0.03	0.05	0.22
Nó N2-14	510	0.08	540.02	30.02	Tubulação T2-14	50	0.68	0.34	3.30
RNV RNV2	540	-0.68	542.00	2.00					

Resultado da simulação hidráulica da rede atual do Reservatório 3

RESERVATÓRIO 3									
NÓS					TRECHOS				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (mca)	Identificador do Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Nó N3-1	453	0.04	497.23	44.23	Tubulação T3-1	40	0.04	0.03	0.05
Nó N3-2	445	0.01	497.23	52.23	Tubulação T3-2	32	0.01	0.02	0.02
Nó N3-3	450	0.01	497.23	47.23	Tubulação T3-3	40	0.06	0.05	0.12
Nó N3-4	450	0.01	497.24	47.24	Tubulação T3-4	40	0.01	0.01	0.01
Nó N3-5	457	0.00	497.24	40.24	Tubulação T3-5	40	0.08	0.06	0.17
Nó N3-6	462	0.01	497.25	35.25	Tubulação T3-6	25	0.01	0.03	0.06
Nó N3-7	460	0.00	497.25	37.25	Tubulação T3-7	40	0.09	0.07	0.22
Nó N3-8	470	0.01	497.10	27.10	Tubulação T3-8	40	0.01	0.01	0.01
Nó N3-9	485	0.03	497.08	12.08	Tubulação T3-9	25	0.03	0.05	0.22
Nó N3-10	475	0.09	497.10	22.10	Tubulação T3-10	40	0.12	0.10	0.43
Nó N3-11	470	0.01	497.15	27.15	Tubulação T3-11	25	0.01	0.03	0.06
Nó N3-12	490	0.04	497.12	7.12	Tubulação T3-12	25	0.04	0.08	0.46
Nó N3-13	480	0.01	497.15	17.15	Tubulação T3-13	40	0.19	0.15	0.91
Nó N3-14	473	0.00	497.27	24.27	Tubulação T3-14	40	0.28	0.22	1.86
Nó N3-15	490	0.04	497.02	7.02	Tubulação T3-15	25	0.04	0.08	0.46
Nó N3-16	483	0.01	497.06	14.06	Tubulação T3-16	25	0.01	0.03	0.06
Nó N3-17	483	0.08	497.06	14.06	Tubulação T3-17	25	0.12	0.25	4.25
Nó N3-18	481	0.00	497.60	16.60	Tubulação T3-18	40	0.12	0.10	0.43
Nó N3-19	481	0.01	497.60	16.60	Tubulação T3-19	40	0.41	0.33	3.93
RNV RNV3	496	-0.41	498.00	2.00					

Resultado da simulação hidráulica da rede atual do Reservatório 4

RESERVATÓRIO 4									
NÓS					TRECHOS				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (mca)	Identificador do Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Nó N4.1-1	480	0.00	495.06	15.06	Tubulação T4.1-1	50	0.00	0.00	0.00
Nó N4.1-2	483	0.09	494.98	11.98	Tubulação T4.1-2	40	0.09	0.07	0.22
Nó N4.1-3	462	0.01	495.05	33.05	Tubulação T4.1-3	25	0.01	0.03	0.06
Nó N4.1-4	450	0.00	495.05	45.05	Tubulação T4.1-4	40	0.10	0.08	0.29
Nó N4.1-5	446	0.04	495.06	49.06	Tubulação T4.1-5	50	0.14	0.07	0.15
Nó N4.1-6	440	0.04	495.09	55.09	Tubulação T4.1-6	40	0.04	0.03	0.05
Nó N4.1-7	433	0.00	495.10	62.10	Tubulação T4.1-7	25	0.00	0.00	0.00
Nó N4.1-8	430	0.03	495.09	65.09	Tubulação T4.1-8	25	0.03	0.05	0.22
Nó N4.1-9	430	0.04	495.10	65.10	Tubulação T4.1-9	40	0.10	0.08	0.29
Nó N4.1-10	460	0.04	495.13	35.13	Tubulação T4.1-10	50	0.28	0.14	0.55
Nó N4.1-11	457	0.05	495.22	38.22	Tubulação T4.1-11	25	0.05	0.10	0.78
Nó N4.1-12	460	0.00	495.31	35.31	Tubulação T4.1-12	50	0.33	0.17	0.75
Nó N4.1-13	462	0.01	495.48	33.48	Tubulação T4.1-13	25	0.01	0.03	0.06
Nó N4.1-14	470	0.03	495.48	25.48	Tubulação T4.1-14	50	0.36	0.18	0.92
Nó N4.1-15	462	0.03	495.59	33.59	Tubulação T4.1-15	25	0.03	0.05	0.22
Nó N4.1-16	465	0.03	495.57	30.57	Tubulação T4.1-16	25	0.03	0.05	0.22
Nó N4.1-17	465	0.05	495.61	30.61	Tubulação T4.1-17	50	0.10	0.05	0.08
Nó N4.1-18	475	0.08	495.62	20.62	Tubulação T4.1-18	50	0.54	0.27	1.91
Nó N4.1-19	478	0.06	495.81	17.81	Tubulação T4.1-19	50	0.60	0.31	2.34
Nó N4.2-1	455	0.06	495.47	40.47	Tubulação T4.2-1	60	0.06	0.02	0.02
Nó N4.2-2	478	0.10	495.48	17.48	Tubulação T4.2-2	40	0.16	0.13	0.70
Nó N4.2-3	465	0.11	495.61	30.61	Tubulação T4.2-3	50	0.28	0.14	0.55
Nó N4.2-4	478	0.01	495.78	17.78	Tubulação T4.2-4	25	0.01	0.03	0.06
Nó N4.2-5	470	0.03	495.79	25.79	Tubulação T4.2-5	50	0.31	0.16	0.70
Nó N4.3-1	473	0.10	493.59	20.59	Tubulação T4.3-1	25	0.10	0.20	2.81
Nó N4.3-2	468	0.04	494.01	26.01	Tubulação T4.3-2	25	0.14	0.28	5.07
Nó N4.3-3	455	0.14	492.76	37.76	Tubulação T4.3-3	25	0.14	0.28	5.07
Nó N4.3-4	470	0.23	494.28	24.28	Tubulação T4.3-4	40	0.50	0.40	5.61
Nó N4.3-5	479	0.14	494.83	15.83	Tubulação T4.3-5	25	0.14	0.28	5.07
Nó N4.3-6	475	0.01	494.96	19.96	Tubulação T4.3-6	40	0.15	0.12	0.60
Nó N4.3-7	475	0.08	495.00	20.00	Tubulação T4.3-7	50	0.73	0.37	3.32
RNV RNV4	494	-1.64	496.00	2.00					

APÊNDICE C – Dados da simulação hidráulica do sistema de abastecimento atual com adequações

Resultado da simulação hidráulica da rede atual do Reservatório 1 com adequações

RESERVATÓRIO 1									
NÓS					TRECHOS				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (mca)	Identificador do Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Nó N1.1-1	478	0.17	505.43	27.43	Tubulação T1.1-1	50	0.17	0.09	0.27
Nó N1.1-2	465	0.03	505.55	40.55	Tubulação T1.1-2	50	0.03	0.01	0.01
Nó N1.1-3	465	0.09	505.54	40.54	Tubulação T1.1-3	50	0.09	0.04	0.08
Nó N1.1-4	475	0.03	505.55	30.55	Tubulação T1.1-4	50	0.31	0.16	0.79
Nó N1.1-5	482	0.20	505.38	23.38	Tubulação T1.1-5	50	0.20	0.10	0.35
Nó N1.1-6	468	0.01	505.52	37.52	Tubulação T1.1-6	50	0.01	0.01	0.00
Nó N1.1-7	468	0.06	505.52	37.52	Tubulação T1.1-7	50	0.28	0.14	0.63
Nó N1.1-8	472	0.09	505.61	33.61	Tubulação T1.1-8	50	0.67	0.34	3.30
Nó N1.1-9	478	0.25	506.27	28.27	Tubulação T1.1-9	75	0.93	0.21	0.82
Nó N1.1-10	487	0.06	506.33	19.33	Tubulação T1.1-10	50	0.06	0.03	0.04
Nó N1.1-11	480	0.00	506.33	26.33	Tubulação T1.1-11	75	0.99	0.22	0.93
Nó N1.1-12	470	0.03	506.35	36.35	Tubulação T1.1-12	50	0.03	0.01	0.01
Nó N1.1-13	482	0.04	506.35	24.35	Tubulação T1.1-13	75	1.05	0.24	1.04
Nó N1.1-14	470	0.03	506.43	36.43	Tubulação T1.1-14	50	0.03	0.01	0.01
Nó N1.1-15	486	0.05	506.43	20.43	Tubulação T1.1-15	75	1.13	0.25	1.18
Nó N1.1-16	491	0.03	506.52	15.52	Tubulação T1.1-16	50	0.03	0.01	0.01
Nó N1.1-17	487	0.03	506.52	19.52	Tubulação T1.1-17	75	1.17	0.27	1.28
Nó N1.1-18	465	0.29	506.23	41.23	Tubulação T1.1-18	50	0.29	0.15	0.68
Nó N1.1-19	470	0.01	506.47	36.47	Tubulação T1.1-19	50	0.30	0.15	0.74
Nó N1.1-20	472	0.01	506.47	34.47	Tubulação T1.1-20	50	0.01	0.01	0.00
Nó N1.1-21	470	0.03	506.47	36.47	Tubulação T1.1-21	50	0.04	0.02	0.02
Nó N1.1-22	470	0.06	506.47	36.47	Tubulação T1.1-22	50	0.40	0.20	1.25
Nó N1.1-23	487	0.03	506.59	19.59	Tubulação T1.1-23	75	1.60	0.36	2.26
Nó N1.2-1	496	0.00	506.95	10.95	Tubulação T1.2-1	75	0.00	0.00	0.00
Nó N1.2-2	490	0.09	506.92	16.92	Tubulação T1.2-2	50	0.09	0.04	0.08
Nó N1.2-3	496	0.21	506.95	10.95	Tubulação T1.2-3	75	0.30	0.07	0.10
RNV RNV1	505	-1.90	507.00	2.00					

Resultado da simulação hidráulica da rede atual do Reservatório 2 com adequações

RESERVATÓRIO 2									
NÓS					TRECHOS				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (mca)	Identificador do Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Nó N2-1	508	0.03	541.15	33.15	Tubulação T2-1	50	0.03	0.01	0.01
Nó N2-2	505	0.00	541.15	36.15	Tubulação T2-2	50	0.00	0.00	0.00
Nó N2-3	510	0.15	541.15	31.15	Tubulação T2-3	50	0.18	0.09	0.27
Nó N2-4	500	0.03	541.20	41.20	Tubulação T2-4	50	0.03	0.01	0.01
Nó N2-5	500	0.03	541.20	41.20	Tubulação T2-5	50	0.23	0.11	0.43
Nó N2-6	495	0.14	541.26	46.26	Tubulação T2-6	50	0.36	0.18	1.04
Nó N2-7	495	0.01	541.54	46.54	Tubulação T2-7	50	0.01	0.01	0.00
Nó N2-8	500	0.01	541.54	41.54	Tubulação T2-8	75	0.39	0.09	0.16
Nó N2-9	503	0.03	541.54	38.54	Tubulação T2-9	50	0.03	0.01	0.01
Nó N2-10	497	0.08	541.55	44.55	Tubulação T2-10	75	0.49	0.11	0.25
Nó N2-11	512	0.03	541.63	29.63	Tubulação T2-11	60	0.03	0.01	0.00
Nó N2-12	501	0.06	541.63	40.63	Tubulação T2-12	75	0.58	0.13	0.34
Nó N2-13	510	0.03	541.72	31.72	Tubulação T2-13	50	0.03	0.01	0.01
Nó N2-14	510	0.08	541.73	31.73	Tubulação T2-14	75	0.68	0.15	0.46
RNV RNV2	540	-0.68	542.00	2.00					

Resultado da simulação hidráulica da rede atual do Reservatório 3 com adequações

RESERVATÓRIO 3									
NÓS					TRECHOS				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (mca)	Identificador do Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Nó N3-1	453	0.04	488.95	35.95	Tubulação T3-1	50	0.04	0.02	0.02
Nó N3-2	445	0.01	488.95	43.95	Tubulação T3-2	50	0.01	0.01	0.00
Nó N3-3	450	0.01	488.95	38.95	Tubulação T3-3	50	0.06	0.03	0.04
Nó N3-4	450	0.01	488.96	38.96	Tubulação T3-4	50	0.01	0.01	0.00
Nó N3-5	457	0.00	488.96	31.96	Tubulação T3-6	50	0.01	0.01	0.00
Nó N3-6	462	0.01	501.96	39.96	Tubulação T3-7	50	0.09	0.04	0.08
Nó N3-7	460	0.00	501.96	41.96	Tubulação T3-8	50	0.01	0.01	0.00
Nó N3-8	470	0.01	501.94	31.94	Tubulação T3-9	50	0.03	0.01	0.01
Nó N3-9	485	0.03	501.94	16.94	Tubulação T3-10	50	0.12	0.06	0.15
Nó N3-10	475	0.09	501.94	26.94	Tubulação T3-11	50	0.01	0.01	0.00
Nó N3-11	470	0.01	501.96	31.96	Tubulação T3-12	50	0.04	0.02	0.02
Nó N3-12	490	0.04	501.96	11.96	Tubulação T3-13	75	0.19	0.04	0.04
Nó N3-13	480	0.01	501.96	21.96	Tubulação T3-14	75	0.28	0.06	0.09
Nó N3-14	473	0.00	501.97	28.97	Tubulação T3-15	50	0.04	0.02	0.02
Nó N3-15	490	0.04	501.96	11.96	Tubulação T3-16	50	0.01	0.01	0.00
Nó N3-16	483	0.01	501.96	18.96	Tubulação T3-17	50	0.12	0.06	0.15
Nó N3-17	483	0.08	501.96	18.96	Tubulação T3-18	50	0.12	0.06	0.14
Nó N3-18	481	0.00	501.98	20.98	Tubulação T3-19	75	0.41	0.09	0.18
Nó N3-19	481	0.01	501.98	20.98	Tubulação TAUX1	50	0.08	0.04	0.07
Nó NAUX2	457	0.00	488.96	31.96	Tubulação TAUX2	50	0.08	0.04	0.06
Nó NAUX1	460	0.00	501.96	41.96	Válvula 1	50	0.08	0.04	13.00
RNV RNV3	500	-0.41	502.00	2.00					

Resultado da simulação hidráulica da rede atual do Reservatório 4 com adequações

RESERVATÓRIO 4									
NÓS					TRECHOS				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (mca)	Identificador do Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Nó N4.1-1	480	0.00	495.81	15.81	Tubulação T4.1-1	50	0.00	0.00	0.00
Nó N4.1-2	483	0.09	495.78	12.78	Tubulação T4.1-2	50	0.09	0.04	0.08
Nó N4.1-3	462	0.01	495.81	33.81	Tubulação T4.1-3	50	0.01	0.01	0.00
Nó N4.1-4	450	0.00	495.81	45.81	Tubulação T4.1-4	50	0.10	0.05	0.10
Nó N4.1-5	446	0.04	495.81	49.81	Tubulação T4.1-5	50	0.14	0.07	0.15
Nó N4.1-6	440	0.04	455.88	15.88	Tubulação T4.1-6	50	0.04	0.02	0.02
Nó N4.1-7	433	0.00	455.88	22.88	Tubulação T4.1-7	50	0.00	0.00	0.00
Nó N4.1-8	430	0.03	455.88	25.88	Tubulação T4.1-8	50	0.03	0.01	0.01
Nó N4.1-9	430	0.04	455.88	25.88	Tubulação T4.1-10	75	0.28	0.06	0.08
Nó N4.1-10	460	0.04	495.88	35.88	Tubulação T4.1-11	50	0.05	0.03	0.03
Nó N4.1-11	457	0.05	495.90	38.90	Tubulação T4.1-12	75	0.33	0.07	0.10
Nó N4.1-12	460	0.00	495.90	35.90	Tubulação T4.1-13	50	0.01	0.01	0.00
Nó N4.1-13	462	0.01	495.93	33.93	Tubulação T4.1-14	75	0.36	0.08	0.13
Nó N4.1-14	470	0.03	495.93	25.93	Tubulação T4.1-15	50	0.03	0.01	0.01
Nó N4.1-15	462	0.03	495.93	33.93	Tubulação T4.1-16	50	0.03	0.01	0.01
Nó N4.1-16	465	0.03	495.93	30.93	Tubulação T4.1-17	50	0.10	0.05	0.08
Nó N4.1-17	465	0.05	495.93	30.93	Tubulação T4.1-18	75	0.54	0.12	0.26
Nó N4.1-18	475	0.08	495.95	20.95	Tubulação T4.1-19	75	0.60	0.14	0.32
Nó N4.1-19	478	0.06	495.97	17.97	Tubulação T4.2-1	60	0.06	0.02	0.02
Nó N4.2-1	455	0.06	495.90	40.90	Tubulação T4.2-2	50	0.16	0.08	0.24
Nó N4.2-2	478	0.10	495.90	17.90	Tubulação T4.2-3	75	0.28	0.06	0.08
Nó N4.2-3	465	0.11	495.95	30.95	Tubulação T4.2-4	50	0.01	0.01	0.00
Nó N4.2-4	478	0.01	495.97	17.97	Tubulação T4.2-5	75	0.31	0.07	0.10
Nó N4.2-5	470	0.03	495.97	25.97	Tubulação T4.3-1	50	0.10	0.05	0.10
Nó N4.3-1	473	0.10	495.59	22.59	Tubulação T4.3-2	50	0.14	0.07	0.17
Nó N4.3-2	468	0.04	495.61	27.61	Tubulação T4.3-3	50	0.14	0.07	0.17
Nó N4.3-3	455	0.14	495.57	40.57	Tubulação T4.3-4	50	0.50	0.25	1.89
Nó N4.3-4	470	0.23	495.62	25.62	Tubulação T4.3-5	50	0.14	0.07	0.17
Nó N4.3-5	479	0.14	495.84	16.84	Tubulação T4.3-6	50	0.15	0.08	0.20
Nó N4.3-6	475	0.01	495.85	20.85	Tubulação T4.3-7	75	0.73	0.16	0.46
Nó N4.3-7	475	0.08	495.86	20.86	Tubulação TAUX1	50	0.10	0.05	0.10
Nó NAUX1	460	0.00	495.87	35.87	Tubulação TAUX2	50	0.10	0.05	0.11
Nó NAUX2	430	0.00	455.88	25.88	Válvula 1	50	0.10	0.05	39.99
RNV RNV4	494	-1.64	496.00	2.00					

APÊNDICE D – Dados da simulação hidráulica do sistema de abastecimento futuro

Resultado da simulação hidráulica da rede futura do Reservatório 1

RESERVATÓRIO 1									
NÓS					TRECHOS				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (mca)	Identificador do Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Nó N1.1-1	478	0.20	504.54	26.54	Tubulação T1.1-1	50	0.20	0.10	0.35
Nó N1.1-2	465	0.05	504.69	39.69	Tubulação T1.1-2	50	0.05	0.03	0.03
Nó N1.1-3	465	0.10	504.68	39.68	Tubulação T1.1-3	50	0.10	0.05	0.10
Nó N1.1-4	475	0.04	504.70	29.70	Tubulação T1.1-4	50	0.39	0.20	1.18
Nó N1.1-5	482	0.24	504.44	22.44	Tubulação T1.1-5	50	0.24	0.12	0.48
Nó N1.1-6	468	0.06	504.62	36.62	Tubulação T1.1-6	50	0.06	0.03	0.04
Nó N1.1-7	468	0.08	504.62	36.62	Tubulação T1.1-7	50	0.38	0.19	1.11
Nó N1.1-8	472	0.12	504.79	32.79	Tubulação T1.1-8	50	0.89	0.45	5.48
Nó N1.1-9	478	0.25	505.88	27.88	Tubulação T1.1-9	75	1.17	0.27	1.28
Nó N1.1-10	487	0.06	505.97	18.97	Tubulação T1.1-10	50	0.06	0.03	0.04
Nó N1.1-11	480	0.01	505.97	25.97	Tubulação T1.1-11	75	1.25	0.28	1.43
Nó N1.1-12	470	0.03	506.01	36.01	Tubulação T1.1-12	50	0.03	0.01	0.01
Nó N1.1-13	482	0.04	506.01	24.01	Tubulação T1.1-13	75	1.31	0.30	1.57
Nó N1.1-14	470	0.04	506.13	36.13	Tubulação T1.1-14	50	0.04	0.02	0.02
Nó N1.1-15	486	0.05	506.13	20.13	Tubulação T1.1-15	75	1.40	0.32	1.77
Nó N1.1-16	491	0.03	506.26	15.26	Tubulação T1.1-16	50	0.03	0.01	0.01
Nó N1.1-17	487	0.03	506.26	19.26	Tubulação T1.1-17	75	1.45	0.33	1.89
Nó N1.1-18	465	0.36	505.78	40.78	Tubulação T1.1-18	50	0.36	0.18	1.04
Nó N1.1-19	470	0.01	506.14	36.14	Tubulação T1.1-19	50	0.38	0.19	1.11
Nó N1.1-20	472	0.05	506.14	34.14	Tubulação T1.1-20	50	0.05	0.03	0.03
Nó N1.1-21	470	0.05	506.15	36.15	Tubulação T1.1-21	50	0.10	0.05	0.10
Nó N1.1-22	470	0.08	506.15	36.15	Tubulação T1.1-22	50	0.55	0.28	2.26
Nó N1.1-23	487	0.03	506.36	19.36	Tubulação T1.1-23	75	2.03	0.46	3.50
Nó N1.2-1	496	0.00	506.93	10.93	Tubulação T1.2-1	75	0.00	0.00	0.00
Nó N1.2-2	490	0.09	506.91	16.91	Tubulação T1.2-2	50	0.09	0.04	0.08
Nó N1.2-3	496	0.25	506.93	10.93	Tubulação T1.2-3	75	0.34	0.08	0.13
Nó NF1.1-1	472	0.04	505.88	33.88	Tubulação TF1.1-1	50	0.04	0.02	0.02
RNV RNV1	505	-2.36	507.00	2.00					

Resultado da simulação hidráulica da rede futura do Reservatório 2

RESERVATÓRIO 2									
NÓS					TRECHOS				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (mca)	Identificador do Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Nó N2-1	508	0.06	538.87	30.87	Tubulação T2-1	50	0.06	0.03	0.04
Nó N2-2	505	0.03	538.88	33.88	Tubulação T2-2	50	0.03	0.01	0.01
Nó N2-3	510	0.17	538.88	28.88	Tubulação T2-3	50	0.26	0.13	0.57
Nó N2-4	500	0.08	538.99	38.99	Tubulação T2-4	50	0.08	0.04	0.06
Nó N2-5	500	0.05	538.99	38.99	Tubulação T2-5	50	0.39	0.20	1.18
Nó N2-6	495	0.20	539.15	44.15	Tubulação T2-6	50	0.78	0.39	4.26
Nó N2-7	495	0.01	540.31	45.31	Tubulação T2-7	50	0.01	0.01	0.00
Nó N2-8	500	0.01	540.31	40.31	Tubulação T2-8	75	0.80	0.18	0.63
Nó N2-9	503	0.08	540.31	37.31	Tubulação T2-9	50	0.08	0.04	0.06
Nó N2-10	497	0.08	540.33	43.33	Tubulação T2-10	75	0.95	0.22	0.86
Nó N2-11	512	0.19	540.58	28.58	Tubulação T2-11	60	0.19	0.07	0.13
Nó N2-12	501	0.06	540.60	39.60	Tubulação T2-12	75	1.20	0.27	1.33
Nó N2-13	510	0.04	540.99	30.99	Tubulação T2-13	50	0.04	0.02	0.02
Nó N2-14	510	0.12	540.99	30.99	Tubulação T2-14	75	1.36	0.31	1.68
Nó NF2-1	497	0.19	539.09	42.09	Tubulação TF2-1	50	0.19	0.10	0.31
RNV RNV2	540	-1.36	542.00	2.00					

Resultado da simulação hidráulica da rede futura do Reservatório 3

RESERVATÓRIO 3									
NÓS					TRECHOS				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (mca)	Identificador do Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Nó N3-1	453	0.10	488.67	35.67	Tubulação T3-1	50	0.10	0.05	0.10
Nó N3-2	445	0.06	488.68	43.68	Tubulação T3-2	50	0.06	0.03	0.04
Nó N3-3	450	0.11	488.68	38.68	Tubulação T3-3	50	0.28	0.14	0.63
Nó N3-4	450	0.15	488.48	38.48	Tubulação T3-4	50	0.42	0.22	1.40
Nó N3-5	457	0.01	488.74	31.74	Tubulação T3-6	50	0.03	0.01	0.01
Nó N3-6	462	0.03	501.34	39.34	Tubulação T3-7	50	0.74	0.38	3.89
Nó N3-7	460	0.00	501.34	41.34	Tubulação T3-8	50	0.04	0.02	0.02
Nó N3-8	470	0.04	501.45	31.45	Tubulação T3-9	50	0.10	0.05	0.10
Nó N3-9	485	0.10	501.45	16.45	Tubulação T3-10	50	0.28	0.14	0.63
Nó N3-10	475	0.14	501.45	26.45	Tubulação T3-11	50	0.05	0.03	0.03
Nó N3-11	470	0.05	501.53	31.53	Tubulação T3-12	50	0.12	0.06	0.15
Nó N3-12	490	0.06	501.52	11.52	Tubulação T3-13	75	0.46	0.10	0.23
Nó N3-13	480	0.01	501.53	21.53	Tubulação T3-14	75	1.20	0.27	1.33
Nó N3-14	473	0.00	501.56	28.56	Tubulação T3-15	50	0.11	0.06	0.12
Nó N3-15	490	0.11	501.73	11.73	Tubulação T3-16	50	0.01	0.01	0.00
Nó N3-16	483	0.01	501.74	18.74	Tubulação T3-17	50	0.24	0.12	0.48
Nó N3-17	483	0.11	501.74	18.74	Tubulação T3-18	50	0.24	0.12	0.48
Nó N3-18	481	0.00	501.80	20.80	Tubulação T3-19	75	1.48	0.33	1.95
Nó N3-19	481	0.04	501.80	20.80	Tubulação TAUX1	50	0.71	0.36	3.65
Nó NAUX2	457	0.00	488.96	31.96	Tubulação TAUX2	50	0.71	0.36	3.65
Nó NAUX1	460	0.00	501.34	41.34	Tubulação TF3-1	50	0.28	0.14	0.63
Nó NF3-1	443	0.28	488.33	45.33	Tubulação TF3-2	50	0.06	0.03	0.04
Nó NF3-2	490	0.06	501.52	11.52	Válvula 1	50	0.71	0.36	12.38
RNV RNV3	500	-1.48	502.00	2.00					

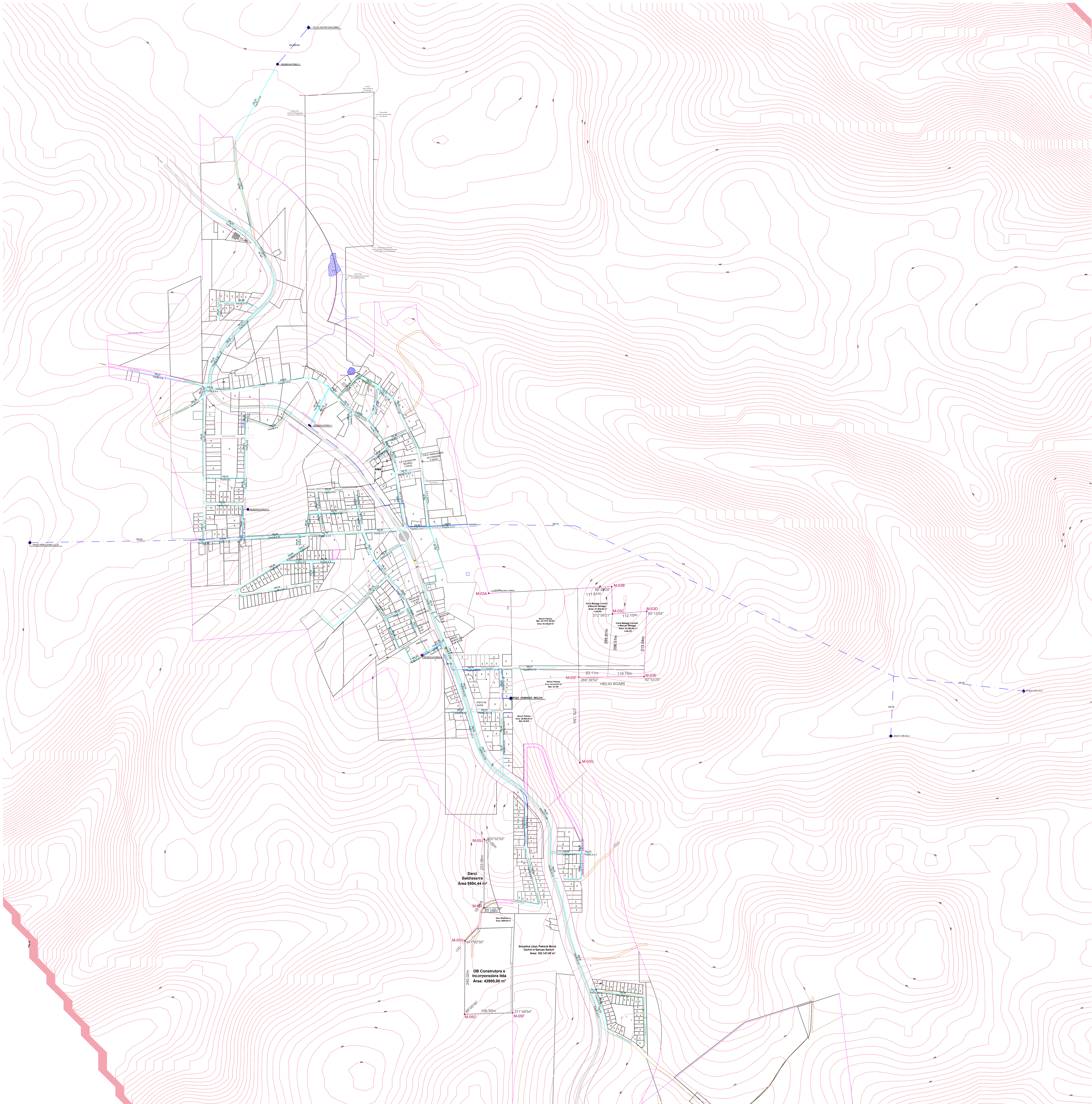
Resultado da simulação hidráulica da rede futura do Reservatório 4

RESERVATÓRIO 4									
NÓS					TRECHOS				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (mca)	Identificador do Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Nó N4.1-1	480	0.05	493.57	13.57	Tubulação T4.1-1	50	0.05	0.03	0.02
Nó N4.1-2	483	0.40	493.15	10.15	Tubulação T4.1-2	50	0.40	0.20	1.25
Nó N4.1-3	462	0.11	493.52	31.52	Tubulação T4.1-3	50	0.11	0.06	0.12
Nó N4.1-4	450	0.00	493.54	43.54	Tubulação T4.1-4	50	0.51	0.26	1.98
Nó N4.1-5	446	0.11	493.57	47.57	Tubulação T4.1-5	50	0.67	0.34	2.90
Nó N4.1-6	440	0.08	455.87	15.87	Tubulação T4.1-6	50	0.08	0.04	0.06
Nó N4.1-7	433	0.01	455.88	22.88	Tubulação T4.1-7	50	0.01	0.01	0.00
Nó N4.1-8	430	0.03	455.88	25.88	Tubulação T4.1-8	50	0.03	0.01	0.01
Nó N4.1-9	430	0.05	455.88	25.88	Tubulação T4.1-10	75	0.90	0.20	0.69
Nó N4.1-10	460	0.06	494.94	34.94	Tubulação T4.1-11	50	0.16	0.08	0.24
Nó N4.1-11	457	0.09	495.13	38.13	Tubulação T4.1-12	75	1.11	0.25	1.02
Nó N4.1-12	460	0.05	495.16	35.16	Tubulação T4.1-13	50	0.08	0.04	0.06
Nó N4.1-13	462	0.08	495.39	33.39	Tubulação T4.1-14	75	1.25	0.28	1.26
Nó N4.1-14	470	0.06	495.40	25.40	Tubulação T4.1-15	50	0.12	0.06	0.15
Nó N4.1-15	462	0.12	495.44	33.44	Tubulação T4.1-16	50	0.05	0.03	0.03
Nó N4.1-16	465	0.05	495.45	30.45	Tubulação T4.1-17	50	0.35	0.18	0.86
Nó N4.1-17	465	0.17	495.46	30.46	Tubulação T4.1-18	75	1.70	0.38	2.23
Nó N4.1-18	475	0.10	495.58	20.58	Tubulação T4.1-19	75	1.76	0.40	2.38
Nó N4.1-19	478	0.06	495.80	17.80	Tubulação T4.2-1	60	0.40	0.14	0.52
Nó N4.2-1	455	0.40	494.90	39.90	Tubulação T4.2-2	50	0.66	0.34	3.19
Nó N4.2-2	478	0.26	495.04	17.04	Tubulação T4.2-3	75	0.78	0.18	0.52
Nó N4.2-3	465	0.11	495.63	30.63	Tubulação T4.2-4	50	0.03	0.01	0.01
Nó N4.2-4	478	0.03	495.79	17.79	Tubulação T4.2-5	75	0.89	0.20	0.67
Nó N4.2-5	470	0.09	495.79	25.79	Tubulação T4.3-1	50	0.11	0.06	0.12
Nó N4.3-1	473	0.11	495.60	22.60	Tubulação T4.3-2	50	0.16	0.08	0.24
Nó N4.3-2	468	0.05	495.62	27.62	Tubulação T4.3-3	50	0.16	0.08	0.24
Nó N4.3-3	455	0.16	495.56	40.56	Tubulação T4.3-4	50	0.56	0.29	2.35
Nó N4.3-4	470	0.24	495.63	25.63	Tubulação T4.3-5	50	0.15	0.08	0.20
Nó N4.3-5	479	0.15	495.91	16.91	Tubulação T4.3-6	50	0.17	0.09	0.27
Nó N4.3-6	475	0.03	495.92	20.92	Tubulação T4.3-7	100	0.80	0.10	0.15
Nó N4.3-7	475	0.06	495.93	20.93	Tubulação T4.3-8	100	1.01	0.13	0.24
Nó N4.3-8	470	0.16	495.95	25.95	Tubulação TAUX1	50	0.16	0.08	0.24
Nó NAUX1	460	0.00	494.91	34.91	Tubulação TAUX2	50	0.16	0.08	0.26
Nó NAUX2	430	0.00	455.88	25.88	Tubulação TF4.1-1	50	0.08	0.04	0.06
Nó NF4.1-1	460	0.08	495.13	35.13	Tubulação TF4.3-1	50	0.05	0.03	0.03
Nó NF4.3-1	466	0.05	495.95	29.95	Válvula 1	50	0.16	0.08	39.03
RNV RNV4	494	-3.66	496.00	2.00					

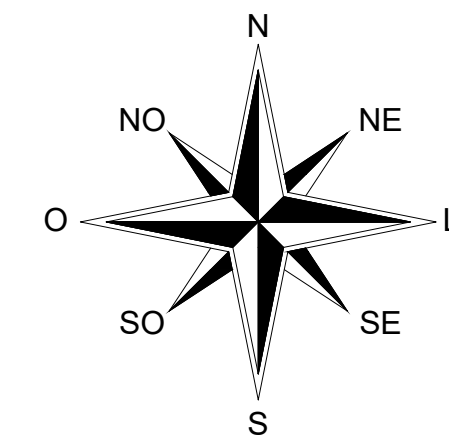


UNIVATES

R. Avelino Talini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95914.014 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09



MUNICIPIO DE DOUTOR RICARDO



PLANTA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA URBANO DE DOUTOR RICARDO/RS	
ORIENTADOR: Me. Marcelo Luis Kronbauer	DATA: NOV/2020
ALUNO: Vagner Roque Fraporti	ESCALA: 1/50